ДИНАМОНЫ

Красельщик В.Д и др.
1943г.

Глава 1

ДИНАМОНЫ И ИХ СВОЙСТВА

1. Общие сведения

Динамонами называются взрывчатые смеси, состоящие из аммиачной селитры и горючих невзрывчатых веществ.

Первые составы динамонов были предложены за границей в 80-х годах прошлого столетия, однако в тот период динамоны широкого распространения не получили, так как значительно уступали по своим взрывчатым свойствам смесям, содержащим нитроароматические взрывчатые вещества или азотные эфиры клетчатки и глицерина.

В СССР промышленное изготовление динамонов началось в 1936 г. Массовый производственный выпуск и применение динамонов в горной промышленности начались только с 1941 г.

Известные в настоящее время динамоны разнообразны как по своему составу, так и по физико-химическим и взрывчатым свойствам.

Различия в составах динамонов объясняются многообразием употребляемых горючих компонентов. В качестве последних применяются органические и неорганические вещества, способные к окислению.

Бо́льшая часть динамонов представляет собой двухкомпонентные смеси. Существуют составы из трех и более компонентов, получающиеся путем комбинирования как горючих добавок, так и окислителя.

Различия физико-химических и взрывчатых свойств динамонов обусловливаются не только многообразием рецептур динамонов, но и в значительной степени технологией изготовления их.

В качестве горючих добавок применяются: а) клетчатки: торф, опилки, сосновые шишки, солома, костра и др.;

б) угли: древесный и каменный;

в) продукты перегонки нефти, угля и дерева: пек, нафталин, антрацен, керосин, парафин, скипидар, смола и др.;

г) масла растительные и минеральные;

д) металлы и их сплавы — алюминий, кремний, железо, ферросилиций, ферромарганец, силико-алюминий и др.;

е) руды и их концентраты: пирит, сульфиды металлов и др.

Примерные составы динамонов даны в табл. 1. Содержание отдельных компонентов в приведенных рецептурах значительно колеблется, что можно объяснить непостоянством свойств и состава отдельных видов горючих добавок (например торф, сосновая кора) и различием в технологии изготовления динамонов.

В связи с этим и показатели, характеризующие взрывчатые свойства отдельных составов, значительно разнятся между собой.

Характеристики взрывчатых свойств отдельных составов динамонов даны в табл. 2.

Сравнение характеристик взрывчатых свойств динамонов (образцы 2, 3, 5, 6 по табл. 2), изготовленных по технологии, разработанной Союзвзрывпромом в 1941—1942 гг., и принятых ранее в промышленности, аммонита № 2 Т (образец 1) и динамона «К» (образец 4), показывает, что новые сорта динамонов не только не уступают по своим свойствам ранее употреблявшимся ВВ, а даже несколько лучше их. Пониженные качества изготовлявшихся ранее динамонов (образец 4) целиком объясняются неудачным выбором технологии производства.

Таблица 1

Примерные составы динамонов

Наименование горючего	Содержание горючего в динамонах в %	Содержание аммиачной селитры в %
а) Двухкомпонентные		
1. Торф	10—15	90—85
2. Древесная мука (опилки)	10—20	90—80
3. Мука сосновой коры	10—18	90—82
4. Солома	10—15	90—85
5. Мука сосновых шишек	10—18	90—82
6. Древесный уголь	6—10	94—90
7. Нафталин, парафин, антрацен	5—6	95—94
8. Гудрон	8—10	92—90
9. Асфальт	10	90
10. Керосин	6	94
11. Ферромарганец	25	75
12. Ферросилиций	15	85
13. Силико-алюминий	16—18	84—82
б) Трехкомпонентные		
1. Торф	10	80
Ферромарганец	10	
2. Торф	10	85
Ферросилиций	5	
3. Мука сосновых шишек	10	82
Ферросилиций	8	

Таблица 2

Сравнительная характеристика свойств отдельных составов ВВ

Характеристика	Составы ВВ (компоненты в %)					
	№ образцов					
	1	2	3	4	5	6
	Аммонит «2Т»	Динамон «Т»	Динамон «СШ»	Динамон «К» (заводск.)	Динамон «К»	Динамон «ДМ»
	Амселитра — 88, Тротил — 12	Амселитра — 88, Торф — 12	Амселитра — 85, Сосновые шишки — 15	Амселитра — 90, Мука сосновой коры — 10	Амселитра — 85, Кора — 15	Амселитра — 85, Опилки — 15 (древесная мука)
1	2	3	4	5	6	7
Внешний вид						
1. Структура / 2. Цвет	Порошок желтый	Порошок темнокоричневый	Порошок темнокоричневый	Порошок темнокоричневый	Порошок темнокоричневый	Порошок серый
Бризантность по Гессу в *мм*	8,5—12	13—16	16—17	8—9	11—14	10—13
Расширение в бомбе Трауцля в $см^3$	345	340	340	300	—	320
Скорость детонации в *м/сек*	3500	2900—3500	4200—4400[1]	3200	—	2800
Чувствительность к удару (высота при грузе 2 *кг*) в *см*	100	85	—	—	—	100
Температура вспышки °C	345	320	—	320	—	310
Чувствительность к огню бикфордова шнура	не чувствительны					
Оптимальная плотность	1,10	1,0—1,05	1,10—1,15	0,9	1,0	0,9
Передача детонации на расстоянии в *см*	2—3	3—4	2—3	впритык при диаметре патрона 40 *мм*	3—5	3—4

[1] Скорость детонации определялась в металлических трубах диаметром 32 *мм*, с толщиной стенок 4 *мм*, при плотности состава 1,0—1,10.

2. Свойства динамонов

В применении динамонов основное значение имеют следующие их свойства и качества:

I. Физические свойства:

1. Гигроскопичность.
2. Слеживаемость.
3. Влагоустойчивость.
4. Плотность.
5. Способность к расслаиванию.

II. Взрывчатые свойства:

1. Фугасность.
2. Бризантность.
3. Детонация (скорость и способность к передаче детонации на расстоянии).
4. Чувствительность к удару, трению, тепловому и инициирующему импульсам.
5. Образование вредных газов.

Разберем эти свойства на основе новейших данных опыта изготовления и применения динамонов.

а) Гигроскопичность

Гигроскопичность — весьма нежелательное свойство всех аммиачно-селитренных взрывчатых веществ, обусловливающее изменение их физических и взрывчатых свойств. В результате гигроскопичности происходит увлажнение, самоуплотнение и слеживание взрывчатых веществ, что в свою очередь снижает их ценные свойства.

Гигроскопичность динамонов обусловливается тем, что основной компонент — аммиачная селитра, входящая в состав в количестве 70—95%, является веществом весьма гигроскопичным.

Другие составные части могут ослаблять или усиливать влияние гигроскопичности аммиачной селитры.

Для динамонов (и вообще для других аммиачно-селитренных ВВ) наиболее характерны два вида гигроскопичности:

а) Физическая адсорбция влаги поверхностью веществ (начальная стадия).

б) Расплывание водонарастворимых продуктов (основная стадия).

Гигроскопичность вещества достаточно полно может характеризоваться его гигроскопической точкой и скоростью поглощения влаги.

Гигроскопическая точка[1] аммиачной селитры, определенная при температуре 10°, равна 78, при температуре 30° — 72,4.

Так как гигроскопичность вещества и особенно скорость поглощения влаги зависят от его растворимости, величины и поверхности частиц, скорости диффузии влаги и ряда других факторов, а процесс смешивания аммиачной селитры с другими компонентами динамонов и свойства компонентов способны изменить эти факторы, то и степень гигроскопичности динамонов отличается от степени гигроскопичности аммиачной селитры.

В процессе приготовления динамона происходит опудривание или обволакивание отдельных частиц аммиачной селитры какимлибо компонентом. Добавка компонента, не обладающего повышенной гигроскопичностью, нерастворимого и способного удерживать значительные количества влаги, может в значительной степени снизить адсорбцию влаги за счет сокращения адсорбирующей поверхности и предохранить аммиачную селитру от расплывания.

В наибольшей степени снижается гигроскопичность динамона, по сравнению с аммиачной селитрой, когда вторым компонентом является торф. Диффузия влаги в слое торфа весьма невелика. Во влажной атмосфере или даже при воздействии непосредственно воды увлажняется только тонкий верхний слой торфопудры (или торфомуки). Во влажном верхнем слое образуется тонкая пленка, защищающая нижние слои от проникания влаги.

В меньшей степени оказывают защитное действие от гигроскопичности пыль древесных опилок, мука сосновой коры, мука сосновых шишек и другие горючие компоненты типа клетчатки.

Продукты погона угля, нефти и дерева, а также масла минеральные и растительные, снижают гигроскопичность динамона по сравнению с аммиачной селитрой, так же как и при торфе при условии хорошего обволакивания ими отдельных частиц аммиачной селитры.

Аммиачная селитра с добавкой 2% парафина дала прирост влаги за 19 час. 3,3%, причем вся влага в виде капель задерживалась на поверхности селитры. Чистая аммиачная селитра в тех же условиях увлажнялась на 4,2%, и влага проникла во всю массу селитры.

Добавка каменного угля, металлов и их сплавов не снижает гигроскопичности основного компонента — аммиачной селитры.

Составы на древесном угле, напротив, показали повышенную увлажняемость, что, повидимому, объясняется большой гигроскопичностью угля и способностью легко пропускать влагу.

Добавка всякой растворимой соли, если она не образует с аммиачной селитрой двойной соли с большей упругостью пара воды над таким насыщенным раствором, повышает гигроскопичность состава.

Для составов с добавками, снижающими гигроскопичность динамонов по сравнению с аммиачной селитрой, такое снижение будет тем больше, чем больше степень измельчения добавки и лучше качество смешивания, т. е. чем более полно добавки покрывают поверхность отдельных частиц аммиачной селитры.

[1] Гигроскопической точкой вещества называется отношение упругости пара над веществом к упругости водяного пара, насыщающего воздух при данной температуре (приведенные данные выражены в процентах).

При испытании в одинаковых условиях двух образцов смесей аммиачной селитры с 2% парафина, приготовленных различными способами, были получены различные величины увлажняемости.

1. Парафин вводился в аммиачную селитру в твердом виде и масса подогревалась до температуры 60—70°. Прирост влаги за 4 часа составил 0,53 г.

2. Парафин вводился в виде 5%-ного раствора в бензине, который затем удалялся испарением. Прирост влаги за 4 часа составил только 0,46 г.

При испытании смесей аммиачной селитры с 2% древесной муки, приготовленных различными способами, получены следующие результаты:

1. Смесь приготовлялась простым перемешиванием на листе бумаги. Прирост влаги за 19 час. составил 5%.

2. Смесь приготовлялась смешиванием в шаровой мельнице. Прирост влаги за 19 час. составил только 3,3%.

В значительной степени скорость поглощения веществом влаги зависит от его начальной влажности, что объясняется различием величин гигроскопических точек для вещества и его насыщенного раствора.

Образец аммиачной селитры с начальной влажностью 0,03% за 19 час. увлажнился в атмосфере 100% влажности на 4,22%, а образец аммиачной селитры с начальной влажностью 0,20% в тех же условиях увлажнился на 6,36%.

Из этих данных следует, что с ростом начальной влажности аммиачной селитры скорость поглощения влаги увеличивается, поэтому вопрос о высушивании отдельных компонентов и об уменьшении начальной влажности составов, предназначенных к хранению и употреблению в условиях повышенной относительной влажности, приобретает особую важность.

Высушивать полностью аммиачную селитру и многие горючие компоненты практически невозможно, а высушивание их сверх определенного предела нецелесообразно по техническим и экономическим соображениям, так как потребовалось бы много времени и большой расход топлива.

Наконец сушка некоторых компонентов сверх определенного предела нецелесообразна и потому, что сохранить достигнутую степень влажности не удается даже в момент изготовления динамона.

По этим причинам, как показал опыт, высушивать аммиачную селитру до содержания влаги менее 0,05%, а органические горючие — менее 2—4% не следует.

Уже при такой степени пресушки компонентов выпустить динамон с влажностью менее 0,8% на производстве с большой мощностью, имеющем сравнительно длинные пути для транспортировки компонентов и динамона, удается только в особо благоприятных условиях (малая относительная влажность воздуха) или путем осуществления специальных мероприятий (подогрев селитры в процессе транспортировки и последующих операций и т. д.).

Для практических целей хороший динамон может быть получен при высушивании аммиачной селитры до влажности 0,1%, а органических горючих — до влажности 4—6%. Динамон среднего качества может быть получен при влажности селитры 0,15—0,20%, а органического горючего — 6—8%. В этих случаях динамон при нормальных условиях его изготовления будет иметь до 1,0—1,2% влаги.

Способность аммиачной селитры и многих горючих добавок и динамона поглощать влагу воздуха требует максимально сократить время между отдельными операциями при производстве динамона и подобрать наиболее эффективный режим выполнения отдельных операций. С точки зрения снижения гигроскопичности материалов представляется целесообразным совмещение всего технологического процесса изготовления динамона в одной операции, т. е. производить сушку, измельчение и смешивание в одном агрегате. Однако технически такое совмещение нерационально, так как скорости выполнения отдельных операций различны. По техническим соображениям все же совмещение некоторых операций в ряде случаев вполне рационально, например совмещение операции смешивания с операцией измельчения аммиачной селитры. Такое совмещение операций применяется в весьма широких масштабах и себя оправдало.

б) Слеживаемость

Свойство гигроскопичности обусловливает слеживаемость (отвердение) аммиачно-селитренных ВВ вообще и динамонов в частности. Отрицательное влияние этого явления заключается в том, что при применении слежавшихся ВВ трудно создать желаемую плотность заряжания, а само ВВ вследствие слежалости становится трудно восприимчивым к детонации и при применении стандартных капсюлей-детонаторов возможны отказы взрыва. Такое явление сцепления частиц может происходить под влиянием механического воздействия (прессования), а также под влиянием физических или химических изменений в состоянии вещества.

Физические изменения, происходящие в аммиачно-селитренных ВВ при явлении слеживаемости, заключаются в перекристаллизации аммиачной селитры в водном растворе, образующемся на поверхности частиц вследствие гигроскопичности. При этом меняются форма и расположение частиц, объем частиц и общий объем массы вещества, что приводит к увеличению сопротивления сдвигу частиц друг относительно друга и их сцеплению.

Усиливает явление слеживаемости сильное изменение растворимости аммиачной селитры с изменением температуры, способствующее частой перекристаллизации. При температуре выше плюс 32° кристаллы аммиачной селитры α-ромбической формы

переходят в β-ромбическую форму и увеличиваются в объеме на 3%. При обратном переходе во влажной атмосфере порошок твердеет и цементируется.

Различные добавки, входящие в составы динамонов, способны в значительной степени изменять слеживаемость аммиачной селитры. Практикой установлено, что динамоны, имеющие в составе торф, древесную муку, муку сосновой коры и другие подобные добавки, а также динамоны, содержащие вещества, омасливающие аммиачную селитру и покрывающие ее защитной пленкой, как например парафин, масла, в нормальных условиях хранения слеживаются меньше, чем аммониты и чистая аммиачная селитра.

При хранении в условиях повышенного давления явление слеживаемости динамонов часто не уменьшается по сравнению с чистой аммиачной селитрой, а иногда усиливается.

Это явление приводит зачастую к расхождению данных изучения слеживаемости в условиях, форсирующих слеживаемость (100%-ная влажность и высокие давления), с данными наблюдения за слеживаемостью составов в нормальных условиях хранения.

Пониженной слеживаемостью по сравнению с аммиачной селитрой и аммонитами обладают составы с добавками типа клетчаток, масел и погонов нефти и углей.

Составы на углях, особенно древесных, и с металлическими добавками обладают повышенной слеживаемостью.

Влияние слеживаемости на взрывчатые свойства динамонов в основном обусловливается повышением плотности составов и снижением в связи с этим чувствительности к инициальному импульсу.

На явление слеживаемости, так же как и на явление гигроскопичности динамонов, оказывают влияние различные технологические показатели. Известно, что при влажности до 0,1% селитра при переходе из одной модификации в другую слеживается незначительно. Повышение влажности усиливает слеживаемость. Это обстоятельство диктует требование к конечной влажности при высушивании аммиачной селитры, а также температурным режимам (самой селитры и окружающего воздуха) в процессе транспортирования между отдельными стадиями производства и в процессе производства. Горючие добавки типа клетчатки должны быть максимально измельчены, а смешивание должно производиться так, чтобы обеспечить хорошее покрытие частиц селитры опудривающими или обволакивающими компонентами.

в) Водоустойчивость

Водоустойчивость динамонов может обусловливаться только соответствующими качествами горючих компонентов и технологией их приготовления.

Вещество, которое является водоустойчивым и способно в процессе приготовления динамонов создавать надежную защитную

пленку на поверхности аммиачной селитры, обеспечивает в той или иной степени водоустойчивость динамона.

К веществам такого типа могут относиться парафин, некоторые масла, смолы и др. Большинство подобных веществ, введенных в состав динамона в больших количествах, значительно флегматизируют его. Это обстоятельство заставляет особенно тщательно подходить к вопросам технологии приготовления динамонов. Неравномерное распределение компонента в составе не обеспечит требуемой водоустойчивости; кроме того накопление его в значительных количествах в некоторой части смеси вызывает снижение или потерю чувствительности к инициальному импульсу.

В зависимости от свойств добавки, обусловливающей водоустойчивость, способ введения ее в динамон может быть различен. В большинстве случаев флегматизирующее свойство подобных добавок ограничивает их количество и не дает возможности покрыть ими все компоненты состава. Такая добавка вводится в аммиачную селитру и затем на основе такой сравнительно водоустойчивой селитры готовится динамон. Желательно, чтобы такая добавка имела сравнительно низкую температуру плавления (в пределах 60—80°), а при комнатных температурах была бы в твердом виде. Защитная пленка при таких условиях получается надежной, а условия введения добавки не вызывают технологических затруднений. Для добавок, находящихся при нормальных температурных условиях (15—25°) в жидком состоянии, технологические условия введения легче. Однако, так как жидкий компонент в таких смесях удерживается за счет капиллярности и смачиваемости, то целый ряд внешних воздействий легко нарушает равномерность распределения его в составе. Например, небольшое повышение температуры за счет изменения величины поверхностного натяжения и уменьшения вязкости способствует выделению жидкого ингредиента из смеси.

Промышленное применение в настоящее время пока получили составы на так называемой «парафинированной селитре» (0,2—0,5% парафина).

Сравнение водоустойчивости динамонов «У» (на древесном угле) с парафинированной и непарафинированной селитрами показало безусловное преимущество состава на парафинированной селитре.

При опускании в воду патронов динамона «У» с открытыми торцами на 0,5 часа наблюдалось замокание верхнего слоя динамона на глубину 1—2 мм. В тех же условиях динамон «У» на непарафинированной селитре в течение 5 мин. превращался в киселеобразную массу.

При испытании динамона «У» на парафинированной селитре в условиях мокрых работ отказов взрыва зарядов не наблюдалось.

Некоторая водоустойчивость наблюдалась для динамона «Т». При замочке патронов динамона «Т» с открытыми торцами в течение 0,5 часа замокал также только верхний слой динамона на

глубину 2—3 мм и при испытании после замочки на детонацию отказов не давал. Однако это явление наблюдалось не всегда. Очевидно, имеет значение как свойство торфов, так и технологические условия приготовления составов (влажность торфа, степень измельчения, полнота опудривания пылью торфа селитры и др.).

Предохранение динамонов от воздействия воздушной влаги и воды чрезвычайно важно. Повышение влажности составов до 2,0% и выше в значительной степени снижает их взрывчатые свойства и дает увеличение количества вредных газов при взрыве, а также приводит к отказам.

Можно предполагать, что такая влажность окажет отрицательное влияние и на антигризутность динамонов.

Так как водоустойчивость известных составов динамонов не гарантирует полностью от замокания при мокрых работах, а большинство составов совсем не обладают водоустойчивостью, то динамоны должны помещаться в тару, способную по возможности лучше предохранить их от увлажнения и замокания.

Наилучшим способом укупорки динамона является помещение его в бумажные гильзы (патроны) или пакеты, покрываемые затем парафином или другим водо- и влагоизолирующим веществом и укладываемые в деревянные ящики.

Дороговизна такой укупорки заставляет пользоваться ею только в особых случаях, когда она необходима по условиям использования динамона при взрывных работах. В остальных случаях ограничиваются мешками из нескольких слоев крафтбумаги, пропитанной битумом.

г) Плотность

Практически допустимая (применяемая) гравиметрическая плотность динамонов находится в довольно узких пределах.

При инициировании динамонов стандартными капсюлями-детонаторами № 8 повышение плотности для большинства составов выше 1,0 или 1,10 является уже недопустимым, так как приводит к значительному снижению взрывчатых свойств, а иногда и отказам за счет неполноты инициирования. Такое ограничение повышения плотности является отрицательным свойством динамонов, так как плотность оказывает влияние на величину объемной энергии взрывчатых веществ.

Для большинства составов оптимальная плотность[1] лежит несколько выше плотности, которая легко достигается в производстве при патронировании динамона.

Плотность динамонов в основном определяется плотностью основного компонента — аммиачной селитры и зависит от свойств горючей добавки и технологии изготовления.

[1] Оптимальной мы называем плотность, при которой способность восприятия инициирующего импульса у ВВ наибольшая, и взрывчатые характеристики имеют наиболее высокие показатели.

Чистая аммиачная селитра имеет гравиметрическую плотность 1,0.

Добавки типа клетчаток в основном снижают производственную гравиметрическую плотность динамонов по сравнению с плотностью, характерной для чистой аммиачной селитры.

Металлические добавки создают более высокую гравиметрическую плотность.

Оптимальная плотность динамонов характеризуется более высокими цифрами у тех из них, в которых горючие типа клетчатки содержат в своем составе смолистые вещества, например сосновые шишки, муку сосновой коры и др. Для составов с мукой сосновых шишек оптимальная плотность находится в пределах 1,10—1,15. Для составов с мукой сосновой коры оптимальная плотность 1,0. Добавки, не содержащие смолистых веществ, дают значительно более низкую оптимальную плотность. Так, для состава на соломе оптимальная плотность — 0,8. Такая же низкая оптимальная плотность получается и для составов на углях. Составы на древесном угле дают оптимальную плотность — 0,75—0,80.

Флегматизирующие свойства горючих добавок — продуктов перегонки угля и нефти — также обусловливают низкую оптимальную плотность.

Металлические добавки за счет своего сравнительно высокого удельного веса несколько повышают гравиметрическую плотность составов по сравнению с составами на основе органических горючих компонентов. Однако благодаря сравнительно невысокой чувствительности их критическая[1] плотность незначительно превышает плотность, легко создаваемую в производстве при патронировании.

Способность сохранять оптимальную (с точки зрения взрывоспособности) плотность у различных сортов динамона различна. У составов динамонов с органическими горючими типа клетчатки, содержащих смолистые вещества, переуплотнение трудно создать.

Составы на горючих типа клетчатки, не содержащие смолистых веществ, составы на углях, большинство составов на продуктах перегонки угля и нефти и металлических добавках легко переуплотняются.

Величина гравиметрической плотности динамонов, а также способность переуплотняться в значительной степени зависят от технологии изготовления динамонов.

Плохое высушивание (повышенная влажность) компонентов способствует переуплотнению составов и снижает оптимальную и критическую плотности динамонов.

Также значительно снижают оптимальную и критическую плотности плохое измельчение компонентов и плохое смешивание их.

Как показали многочисленные опыты, только составы с влаж-

[1] Критической принято называть плотность, при которой начинается снижение взрывчатых свойств ВВ.

ностью, не превышающей 1,5—2,0%, и степень измельчения которых характеризуется остатком на сите № 30 в 20—30%, дают удовлетворительные оптимальную и критическую плотности.

д) Расслаиваемость

Динамоны включают в свой состав компоненты с разным удельным весом. Это обусловливает некоторое расслаивание динамонов. Причем чем больше разница в удельных весах компонентов, тем явление расслаивания выражено сильнее. Так, состав на древесной муке и состав с металлическими добавками расслаиваются больше, чем составы на торфе.

Усиление расслаивания может наблюдаться при транспортировке ВВ, при зарядке непатронированным динамоном и в процессе производства при разгрузке аппаратуры и патронировании.

При расслаивании получается обогащение части смеси одним из компонентов, нарушение рецептуры и снижение, а иногда и полная потеря взрывчатых свойств динамонов.

Технология изготовления динамонов, применявшаяся до 1941 г., не позволяла получить практически не расслаивающиеся составы.

Расслаивание может быть значительно сокращено за счет улучшения технологии изготовления динамонов. Максимальное измельчение компонентов с тщательным последующим смешиванием их позволяет получить достаточно однородную смесь, практически не расслаивающуюся в условиях производства и применения.

е) Фугасность

Фугасность, т. е. способность заряда динамона производить большее или меньшее расширение объема, в котором в начальный момент образовались продукты взрывчатого превращения, обусловливается в основном составом динамона.

Фугасность как мера работоспособности ВВ зависит от величины развиваемого газами взрыва давления и быстроты нарастания давления, т. е. от констант давления: объема газов, количества теплоты, выделяющейся при взрывчатом разложении, и температуры взрыва.

По основному уравнению взрывчатого разложения аммиачной селитры объем газообразных продуктов при приведенных условиях равен 980 л.

Практические испытания подтверждают увеличение газообразования у составов динамонов, горючий компонент которых имеет большое отношение Н : С. Следовательно составы на торфе, муке сосновых шишек, муке сосновой коры, т. е. веществах, содержащих значительные количества летучих, являются более выгодными в отношении газообразования и работоспособности, чем составы на угле и других веществах, богатых углеродом.

Технологические условия приготовления динамонов, если они обеспечивают разложение их в форме взрыва, мало влияют на

количество газов. Однако качественный состав газов в значительной степени зависит от технологии приготовления динамонов. Пониженные технологические условия способствуют образованию так называемых «вредных газов» (CO, SO_2, NO_2). Особенно заметно в этом отношении влияние влажности компонентов и готового динамона. Повышение влажности динамона до 2,5% уже значительно увеличивает количество вредных газов. Дальнейшее повышение влажности приводит к неполной детонации и следовательно к еще большему изменению качественного состава газов и уменьшению их количества.

Количество тепла, выделяющегося при взрывчатом разложении аммиачной селитры за счет ее высокой теплоемкости, значительно ниже, чем для нитроароматических и многих других ВВ.

Добавки к аммиачной селитре горючих веществ повышают теплоту разложения, причем теплота разложения для подобной смеси будет тем выше, чем выше отношение Н : С у горючего компонента.

Подсчет количества теплоты взрывчатого разложения для динамонов показывает, что она незначительно ниже, чем у многих нитросоединений и аммонитов (табл. 3).

Технологические условия приготовления динамонов, влияющие на форму и скорость разложения, оказывают влияние и на теплоту взрывчатого разложения. Чем лучше технологические условия приготовления динамонов (до некоторого предела), тем выше теплота разложения за счет образования большего количества продуктов полного окисления — CO_2 и H_2O.

Температура взрыва аммиачно-селитренных ВВ вообще и динамонов в частности несколько ниже, чем для нитроароматических ВВ. Температура взрыва динамонов примерно равна температуре взрыва аммонитов (табл. 4).

Таким образом способность динамонов при взрывчатом разложении давать большое количество газов и развивать сравнительно высокую температуру обусловливает высокую работоспособность динамонов (см. табл. 2).

При сравнении фугасности динамона «К» заводского изготовления и аммонита № 2Т при взрывании одиночных зарядов в плотном песчаном грунте переводный коэфициент для динамона по сравнению с аммонитом (принятым за 1) был получен равным 0,96.

В другом случае сравнительные испытания были проведены в глине средней плотности и получены следующие результаты: расход аммонита на выброс 1 м³ грунта был равен 1,77 кг, а расход динамона (на выброс 1 м³) — 1,24 кг.

Добавка веществ, дающих в продуктах взрывчатого разложения твердый остаток, снижает работоспособность динамонов. Так, снижается работоспособность составов динамонов с калиевой селитрой и металлическими добавками по сравнению с двухкомпонентными составами из аммиачной селитры и органических горючих.

Таблица 3

Теплота взрывчатого разложения различных сортов динамона

№ п/п	Название ВВ	При постоянном давлении и воде газообразной
1	Аммиачная селитра	347
2	Динамон «К» (с 10% древесной коры)	721
3	» «Т» (с 12% торфа)	933
4	» «ДМ» (с 15% древесных опилок)	937
5	» «СШ» (с 15% сосновых шишек)	939
6	Тротил	950
7	Пикриновая кислота	1 000

Таблица 4

Температура взрыва различных сортов динамонов

№ п/п	Название динамонов	Температура взрыва
1	Динамон «К» (с 10% древесной коры)	2 221°
2	» «Т» (с 12% торфа)	2 800°
3	» «ДМ» (с 15% древесных опилок)	1 466°
4	» «СШ» (с 15% сосновых шишек)	2 703°
5	» «У» (с 7% угля)	2 350°
6	Аммонит «2Т» (с 12% тротила)	2 258°
7	Тротил	3 150°
8	Пикриновая кислота	3 540°

Частичная замена (в небольшом количестве) органического горючего металлом или сплавом металлов может не снизить работоспособность динамона за счет повышения температуры взрыва заряда.

При взрывании зарядов динамонов по 50 г в длине была получена закономерность снижения фугасности с увеличением добавки, дающей твердый остаток в продуктах взрыва (табл. 5).

Практика применения динамонов показывает, что расход их примерно равен расходу наиболее распространенного ВВ — аммонита № 2Т, т. е. работоспособности их примерно равны, а иногда работоспособность динамонов несколько выше.

Таблица 5

Фугасность динамонов

А. Составы динамонов с калиевой селитрой

№ п/п	Состав в %			Бризантность при плотности 0,9	Плотность при определении фугасности	Фугасность в *л*
	аммиачная селитра	калиевая селитра	торф			
1	88	—	12	15,3	1,0	33
2	65	20	15	14,0	0,83	35
3	60	20	20	13,0	0,82	33
4	55	30	15	12,5	0,85	28
5	50	35	15	12,7	0,90	28
6	50	40	10	4,5	0,83	17
7	35	50	15	8,6	0,91	8

Б. Составы динамонов с пиритом (Дегтярского месторождения)

№ п/п	Аммиачная селитра	Пирит	Торф	Мука сосновых шишек	Бризантность при плотности 0,9	Плотность при определении фугасности	Фугасность в *л*
1	Пикриновая кислота			—	—	—	31
2	88	—	12	—	15,3	1,0	33
3	70	20	—	10	15,2	1,04	22
4	80	20	—	—	11,2	0,91	19
5	60	30	10	—	14,0	1,05	22
6	45	50	5	—	11,5	1,21	13
7	42	36	22	—	2,5	1,0	10
8	45	40	15	—	7,5	1,03	10
9	50	40	10	—	4,5	1,03	10
10	70	30	—	—	13,7	1,03	10
11	50	50	—	—	10,7	1,18	11

ж) Бризантность

Бризантность — характеристика, практически совпадающая с понятием мощности ВВ, зависящая от общей энергии ВВ и скорости взрывчатого разложения; для динамонов зависит от состава и технологии изготовления.

Наиболее высокая бризантность наблюдается для составов, содержащих органические горючие типа клетчатки с высоким отношением Н : С. Так, наибольшую бризантность (14—16 мм по Геосу) дают динамоны «СШ», богатые смолистыми веществами. Составы динамонов с некоторыми продуктами перегонки нефти и угля, имеющих высокое отношение Н : С, как например парафин, дают

сравнительно низкую бризантность (8—10 мм), что следует объяснить флегматизирующими свойствами таких органических горючих.

Повысить бризантность подобных составов можно применением более сильного инициирующего импульса в виде мощного капсюля-детонатора или промежуточного детонатора, а также изменением технологии изготовления динамона.

Составы с металлическими горючими и сплавами металлов при правильной технологии изготовления дают высокую бризантность (14—20 мм), что объясняется высокой температурой взрыва.

Составы с органическими горючими типа клетчатки, не содержащими летучих и смолистых веществ, и на углях отличаются сравнительно низкой бризантностью (8—10 мм).

Для однотипных составов или составов, близких по рецептуре, оказывают существенное влияние на бризантность технологические условия изготовления. Так, повышение влажности дает снижение бризантности составов, причем до некоторого предела влажности влияние это незначительно, а затем наблюдается резкое снижение бризантности. Для составов, имеющих более высокую оптимальную плотность, предел влажности, не дающий резкого снижения бризантности, более высок.

Влияние влажности на бризантность для некоторых составов динамонов приведено в табл. 6.

Определение бризантности (данные табл. 6) производилось при одной и той же искусственно создаваемой плотности. В естественных условиях хранения динамонов увлажнение вызывает переуплотнение и слеживание, что еще больше снижает предел влажности, вызывающей резкое снижение бризантности.

Хорошее измельчение компонентов дает возможность получить более однородную смесь, что в свою очередь оказывает влияние на форму и скорость разложения взрывчатой смеси и способствует повышению бризантности состава (табл. 7, 8 и 9).

На величину бризантности преимущественное влияние оказывает степень измельчения аммиачной селитры. Влияние степени измельчения горючего компонента проявляется в общем случае меньше. До некоторого предела измельчения (примерно сито № 40 для органических добавок типа клетчатки и сито № 70—80 для

Таблица 6

Данные о бризантности динамонов в зависимости от влажности

№ п/п	Наименование состава	Влажность в %	Бризантность в мм
1	Динамон «К»	1,5 2,5 4,0	14,1 10,1 6,7
2	Динамон «СШ»	1,1 1,9 2,3 Более 3,0	16,0 14,9 14,0 12,7
3	Динамон на каменном угле	1,9 2,9 3,9 4,9	10,9 8,5 6,8 3,8

Таблица 7

Данные о бризантности динамонов в зависимости от степени измельчения аммиачной селитры

Наименование состава	Степень измельчения аммиачной селитры	Бризантность в мм
1. Динамон «Т» с 10% торфа	частиц меньше 0,3 мм 53% 65% 100%	 3,6 6,5 10,2
2. Динамон «ДМ»	Прошло через сито № 30 50% 70%	 10,1 12,5

Таблица 8

Данные о бризантности динамонов в зависимости от степени измельчения горючих добавок

Наименование состава	Степень измельчения горючего—100% проходит через сито №	Бризантность в мм
1. Динамон с 12% торфа, образец № 1	30 40 60	11,8 12,6 13,8
2. Динамон с 12% торфа, образец № 2	30 40 60	15,6—14,4 15,3—14,7 14,2
3. Динамон с 12% торфа, образец № 3	30 40 60	13,1 12,0 14,5
4. Динамон на муке сосновых игл	40 60	15,4 16,1
5. Динамон на муке сосновых шишек	Частиц мельче 0,3 мм 82% 87% 92%	 10,5 11,5 13,0

металлических добавок) влияние сказывается более заметно, а затем при дальнейшем увеличении тонины помола значительного повышения бризантности не наблюдается. Чем менее способна горючая добавка к реакции, тем она требует большей степени измельчения.

Таблица 9

Данные о бризантности динамонов в зависимости от величины частиц состава

Наименование состава	Величина частиц состава в *мм*	Бризантность в *мм*
1. Динамон с корой и керосином	0,3 0,2 0,15 0,10	8,5 11,3 12,1 13,7
2. Динамон с древесным углем	0,5 0,3 0,1 0,05	11,4 12,1 13,5 13,8

Не меньшее влияние на бризантность динамонов оказывает процесс смешивания. Чем более тщательно произведено смешивание, тем выше бризантность динамона.

Наилучшее смешивание происходит в шаровых мельницах, причем хорошие результаты достигаются правильным выбором объемного отношения шаров и смешиваемой массы, а также временем смешивания. Если при смешивании нет воздействия на смешиваемую массу путем истирания и ударов, то получаемые динамоны имеют более низкие взрывчатые качества. Так, простым перелопачиванием или смешиванием в барабанах без шаров трудно получить динамон, детонирующий в стандартных патронах от капсюля-детонатора № 8. Бризантность таких составов редко превышает 4—6 мм по Гессу.

Особенно заметно влияние процесса смешивания на бризантность для динамонов, содержащих горючие вещества, обладающие флегматизирующими свойствами. Даже при горячем способе введения таких компонентов в смесь, когда наиболее полно достигается распределение их и обволакивание ими отдельных частиц селитры, последующая обработка в барабане с шарами повышает бризантность составов. Таким образом повысить бризантность составов в процессе смешивания можно за счет:

а) применения шаров с более высоким удельным весом материала (верхний предел удельного веса материала шаров должен определяться условиями безопасного удара и отсутствия запрессовки состава на стенках барабана);

б) увеличения диаметра барабана (до предела, допустимого по условиям скорости вращения, способствующей перемешиванию);

в) увеличения времени смешивания.

Чем меньше диаметр барабана и легче материал шаров, тем продолжительнее должно быть смешивание.

До некоторого предела увеличение времени смешивания резко повышает бризантность динамонов, а затем это влияние сказывается уже слабее.

Проведенные опытные работы указывают на то, что при правильном выборе технологических условий приготовления динамонов могут быть получены достаточно мощные динамоны с бризантностью 18—20 мм по Гессу, что значительно выше, чем у рядовых аммиачно-селитренных ВВ — аммонитов.

Влияние технологических условий смешивания на бризантность динамонов дано в табл. 10, 11 и 12.

Как указывалось выше, взрывчатые свойства динамонов в значительной степени зависят от плотности. Переуплотнение или не-

Таблица 10

Влияние удельного веса материала шаров на бризантность динамона

Наименование состава	Материал шаров	Удельный вес	Бризантность в *мм*	Примечание
Динамон «ДМ»	Березовые шары . .	0,8	7,4	Металлическая мельница $D = 200$ *мм*. Время смешивания 1 час. Объемное отношение шаров к смеси 2 : 1
	Стальные » . .	7,8	13,8	

Таблица 11

Влияние отношения веса шаров к весу смешиваемой массы на бризантность динамонов

№ п/п	Наименование состава	Отношение веса шаров к весу смешиваемой массы	Бризантность в *мм*	Примечание
1	Динамон «Т» — 12% торфа	1 : 1 2 : 1	9,8 12,8	Диаметр барабана 0,5 *м*. Шары деревянные. Время смешивания 1 час.
2	Динамон «Т» — 10% торфа	Без шаров 3 : 1 6 : 1	0,5 2,6 12,1	Во всех случаях применялась фарфоровая мельница с внутренним диаметром 280 *мм*
3	Динамон «К» — 10% коры	Без шаров 3 : 1 6 : 1	0,3 3,0 10,9	Шары фарфоровые $D = 15—25$ *мм*. Время смешивания 30 мин.
4	Динамон на пеке — 5% пека	Без шаров 3 : 1 6 : 1	2,4 2,8 6,0	

Таблица 12

Влияние времени смешивания на бризантность динамонов

№ п, п	Наименование составов	Время смешивания (Барабан $D = 0{,}5$ *м*. Отношение шаров к смеси 1:1 по весу)	Бризантность в *мм*
1	Динамон «К»	15 мин. 30 » 1 час 1 ч. 30 м.	7,7 9,2 12,5 14,7
2	» «Т» — 12% торфа	30 мин. 1 час	11,3 15,1
3	» на нафталине	30 мин. 45 » 1 час	9,1 11,2 13,7
4	» «Т» — 10% торфа	30 мин. 45 » 1 час	10,1 12,2 12,8
5	» «ДМ»	3 часа 4 »	10,8 11,8 Диаметр мельницы 200 *мм*

доуплотнение динамона в процессе патронирования снижает бризантность. Переуплотнение особенно часто происходит при повышенной влажности составов.

Таблица 13

Влияние плотности динамонов на бризантность

№ п/п	Наименование состава	Плотность	Бризантность в *мм*
1	Динамон «Т»	0,8 0,9 1,0 1,1 1,2	12,8 14,5 14,5 8,1 1,5
2	» «К»	0,8 0,9 1,0 1,1 1,2	13,1 14,6 16,5 8,3 2,0
3	» «У»	0,8 0,9 1,0	8,7 8,3 4,4
4	» «ДМ»	0,8 0,9 1,0 1,08	10,5 12,2 10,6 10,0

Данные о влиянии плотности динамонов на их бризантность приведены в табл. 13.

з) Детонация

Способность динамонов к детонации также определяется рецептурой и технологией их изготовления. Способность динамонов к детонации принято определять в основном тремя испытаниями: испытанием на полноту детонации, испытанием на передачу детонации и испытанием скорости детонации.

Бóльшая часть имеющихся данных по этому вопросу дает характеристику динамонов по полноте детонации. Однако такая характеристика может отражать технологические и рецептурные изменения только до некоторого предела, т. е. такого состояния, когда достигается незатухание взрывчатого разложения на некотором участке. Дальнейшее улучшение рецептуры и технологического процесса уже не получает отражения при таком способе испытания.

Легче достигаются более высокие показатели по передаче детонации для динамонов, содержащих горючие компоненты с большей способностью к реакции, как, например, горючие типа клетчатки с большим содержанием смолистых веществ.

Составы динамонов с продуктами перегонки угля и нефти, как правило, дают более низкие показатели по передаче детонации и требуют особо тщательной обработки для достижения хороших показателей.

Металлические добавки в основном снижают способность к передаче детонации.

Чем большей чувствительностью к инициирующему импульсу обладают составы динамонов, тем больше их способность к передаче детонации.

Для большинства составов динамонов за счет соответствующей технологической обработки могут быть достигнуты такие форма разложения и степень восприятия инициирования, которые обеспечивают передачу детонации на расстоянии 3—4 см. Для достижения таких показателей по передаче детонации технологические условия для различных составов могут быть различны. Однако во всех случаях соблюдается закономерность: чем ниже влажность состава, чем лучше измельчение компонентов и лучше смешивание, тем большая способность динамона к передаче детонации.

Не в меньшей степени зависит от технологических условий и скорость детонации.

Для различных составов динамонов скорость детонации колеблется в пределах от 2 500 до 4 500 м/сек (табл. 2).

Примерные данные о способности к передаче детонации на расстояние некоторых динамонов даны в табл. 14.

и) Чувствительность динамонов к различным воздействиям

Чувствительность динамонов к различным воздействиям различна и имеет неодинаковое практическое значение.

Достаточная чувствительность к инициирующему импульсу необходима, так как обеспечивает взрывчатое разложение с максимальными скоростями и дает возможность наибольшего использования энергии динамонов.

Таблица 14

Данные о передаче детонации динамонов на расстояние

№ п/п	Наименование составов	Передача детонации на расстоянии в *см*	Примечание
1	Динамон «Т» (с 12% торфа)	3—4	Влажность составов не выше 1,5%. Смешивание в деревянном барабане $D = 1{,}65$ *м* с деревянными шарами. Время смешивания — 1,5—2,0 часа
2	» «СШ» (с 15% сосновых шишек)	2—3	
3	Динамон «К» (с 15% муки сосновых шишек)	4—5	
4	Динамон «ДМ» (с 17% древесной муки)	3—4	
5	Динамон «У» (с 8% древесного угля)	1—2	

Чувствительность к удару имеет чрезвычайно важное значение, так как она может оказать существенное влияние на выбор метода выполнения отдельных операций — измельчение, смешивание.

Также большое значение имеет чувствительность к тепловым воздействиям, так как практически в производстве часто приходится иметь дело с повышенными температурами и не исключена возможность искрообразования. Не меньшее значение имеет эта характеристика динамонов и для их применения.

Чувствительность динамона к трению незначительна и не имеет практического значения ни для нормальных условий применения динамона, ни для нормальных условий его изготовления.

Существенное значение это свойство динамона может иметь в том случае, если динамон попадает на трущиеся части оборудования (подшипники и т. п.), где процесс трения может длиться неопределенно долгое время. В этом случае загорание динамона надо считать неизбежным. То же явление наблюдается при попадании аммиачной селитры на трущиеся части оборудования, так как за счет смазки этих частей маслом может быть получена при определенном соотношении взрывчатая смесь. Причем чем выше температура трущихся частей, тем легче происходит загорание динамона или получившейся смеси. Этим обстоятельством объясняются требования безопасности, предусматривающие вынос открытых

моторов в другое помещение, укрытие, постоянная очистка и обильная смазка трущихся частей механизмов.

к) Чувствительность динамонов к удару

Свойства горючих добавок и технология приготовления составов оказывают существенное влияние на чувствительность динамонов к удару.

Для некоторых составов можно указать порядок величин. Так, при испытании на копре Каста, при весе груза 2 кг получены величины максимальных высот, при которых еще не происходит взрыва, приведенные в табл. 15.

Таблица 15

Испытание динамонов на копре Каста

Наименование	Число испытаний	Максимальная высота, при которой не происходит взрыва, в *см*
1. Динамон «К» (с 10% муки сосновой коры)	10	75
2. » «Т» (с 10% торфа)	10	65
3. » на пеке (с 10% пека)	10	60

Данные табл. 15 можно рассматривать только как частный случай для определенного состава динамона, так как на величину чувствительности оказывает влияние не только рецептура (процент содержания того или иного компонента), но и различные физико-химические свойства и происхождение горючего. Для динамонов, имеющих в своем составе торф различных месторождений, получаются различные характеристики чувствительности. То же можно сказать и в отношении составов на древесной муке различных пород дерева (лиственные, хвойные).

В отношении влияния технологических условий в общем случае современная практика указывает, что технологические условия, повышающие взрывчатые свойства составов (бризантность, скорость разложения), способствуют и повышению чувствительности динамонов к удару.

л) Чувствительность динамонов к тепловому импульсу

Большинство данных по определению температуры вспышки различных составов динамона дают довольно высокие цифры. Для некоторых динамонов известны следующие температуры вспышки (табл. 16).

Таблица 16

Температура вспышки динамонов

Наименование состава	Температура вспышки
1. Динамон «К»	320°
2. » «ДМ» (с 15% древесной муки)	310°
3. » «Т» (с 12% торфа)	320°
4. » «У» (с 8% древесного угля)	280°

В практике наблюдаются случаи вспышек и загораний динамонов при значительно более низких температурах. Некоторые составы на торфе и опилках давали воспламенение при 60—70°. Зарегистрированы также случаи загорания составов у выходного отверстия смесительного барабана непрерывного действия, в кожухе смесительных барабанов периодического действия, в осадочных камерах аспирационных устройств. Во всех перечисленных примерах температура динамона и поверхностей, с которыми соприкасался динамон, не превышала 60°. Однако время воздействия таких температур было продолжительным.

Наблюдались также случаи воспламенения составов при подсушивании их при температурах 70—80° (при отсутствии беспрерывного перемешивания).

В данном случае, очевидно, также существует зависимость между технологическими условиями приготовления и степенью чувствительности. Чем тщательнее технологическая обработка, тем больше чувствительность динамонов. Кроме того существенное значение на чувствительность к тепловому импульсу оказывает физическое состояние вещества. В разрыхленном состоянии (при малых плотностях) чувствительность динамонов к тепловому импульсу возрастает. Есть основание предполагать, что наиболее опасной является пыль динамона, взвешенная в воздухе. Это обстоятельство заставляет применять особые меры предосторожности по предохранению от запыления динамоном рабочих помещений, а также принимать особые меры предосторожности в аспирационных устройствах, где обычно скапливаются значительные количества пыли.

Испытание динамонов на действие огня (пламя бикфордова шнура) обычно указывает на их нечувствительность. Однако в практике изготовления динамонов загорания наблюдались. Очевидно в данном случае решающее значение имеет время воздействия пламени на состав.

Способность перехода горения во взрыв у динамонов невелика. Известны случаи пожаров в мастерских и заводах, изготовляющих динамоны на торфе, при которых сгорели значительные количества динамона (по 2—3 т, а в одном случае 20 т) и ни разу взрыва не произошло. Эти факты еще не дают основания окончательно утверждать, что переход горения динамонов во взрыв невозможен, так как все случаи пожаров относятся только к динамону на торфе и опилках. Но и для этих динамонов еще преждевременно отрицать возможность перехода горения во взрыв, так как не исключена возможность наличия иных условий горения, при которых переход горения во взрыв окажется возможным.

м) Чувствительность к инициирующему импульсу

Ряд фактов позволяет судить о чувствительности динамонов к инициирующему импульсу.

При изучении действия капсюля-детонатора, снаряженного диазодинитрофенолом, установлено, что для взрыва им пикриновой кислоты достаточно иметь заряд в количестве 0,15 г, а для взрывания динамона на сплаве кремний (75%) — алюминий (25%) заряд такого капсюля-детонатора должен быть 0,7 г. Практика показывает, что составы динамонов на металлических горючих обладают пониженной чувствительностью по сравнению с составами динамонов на горючих типа клетчатки.

Во всех случаях повышение плотности (выше оптимальной) вызывает снижение чувствительности к инициированию и требует применения более мощного капсюля-детонатора. Так же пониженной чувствительностью обладает большинство составов динамонов на горючих типа парафина.

При правильном выборе технологии изготовления динамонов и оптимальной плотности их инициирующее действие капсюля-детонатора № 8 является вполне достаточным для всех употребляемых динамонов.

н) Образование вредных газов при взрывчатом разложении

Разложение аммиачно-селитренных ВВ по идеальному уравнению, согласно которому образуются только продукты полного окисления и азот в элементарном состоянии, практически не наблюдается. В действительности всегда имеет место образование так называемых вредных газов — продуктов неполного окисления углерода — CO и продуктов различной степени окисления азота в виде NO и NO_2. Кроме того в зависимости от свойства и состава горючего компонента возможно в отдельных случаях образование SO_2 и H_2S.

На форму взрывчатого разложения, определяющую качественный состав газообразных продуктов взрыва, оказывают влияние состав динамонов и технологические условия приготовления.

Повышенная влажность, способствующая переуплотнению и снижению чувствительности к инициированию, резко меняет количество вредных газов взрыва.

Данные влияния влажности на количество образующихся вредных газов приведены в табл. 17.

Таблица 17

Количество вредных газов в л/кг при испытании динамона в забое

Наименование состава	Влажность в %	CO	O_2	Сумма	Примечание
Динамон «К» . .	1,5	22	11,2	134,0	При подсчете суммы количество окислов азота удесятерено
	2,5	23	15,6	179,0	
	4,0	25	35,0	375,0	

Повышение степени измельчения и улучшение смешивания, способствующие повышению скорости разложения и бризантности, улучшают состав газов взрыва, снижая количество вредных газов. Так, для некоторых составов были получены данные зависимости между взрывчатыми свойствами и количеством вредных газов, приведенные в табл. 18.

Таблица 18

Количество вредных газов в зависимости от бризантности динамонов

№ п/п	Наименование составов	Бризантность в мм	Количество вредных газов в л на 1 кг ВВ при испытании в забое		
			CO	NO_2	сумма CO плюс 10 NO_2
1	Динамон «Т» (с 11% торфа)	5,0	25,0	32,5	350
		10,0	23,0	16,3	186
		12,7	17,5	12,3	130
2	Динамон «К»	8,0	23,0	42,7	450
		11,0	22,0	11,2	134,0

На характер взрывчатого разложения динамона (и вообще взрывчатых смесей), кроме технологических условий изготовления и рецептуры, существенное воздействие оказывают условия взрывания (крепость породы, диаметр и длина шпуров, качество забойки) и характер взрываемой породы.

Зависимость состава газообразных продуктов взрыва от большого количества внешних условий затрудняет изучение вопроса и требует накопления большого количества экспериментального материала для того, чтобы сделать какие-либо окончательные выводы.

Однако, видимо, первостепенное значение имеет правильный подбор количества компонентов, т. е. правильный подбор состава по кислородному балансу.

Материалы проведенных опытов по определению количества вредных газов разложения при взрывании в подземных условиях на некоторых рудниках Урала позволяют сделать также вывод, что динамоны с правильно подобранной рецептурой и приготовленные по правильно выбранной технологии дают не большее, а в ряде случаев меньшее количество вредных газов, чем аммониты и динафталит.

Правильные технология и рецептуры могут обеспечить условия взрывания, при которых количество вредных газов не будет превышать 100 л на 1 кг динамона.

Таблица 19

Состав и количество вредных газов у динамонов по сравнению с аммонитами, полученные при работе на различных рудниках Урала

№ п/п	Название ВВ	CO л/кг	NO_2 л/кг	Сумма в л/кг	Взрываемая среда
1	Динамон «Т» (с 13,5% торфа) . .	8,63	9,70	105,63	Гранит
2	Аммонит 3Т	20,6	12,23	142,9	»
3	Динамон «Т» (с 11% торфа) . . .	7,8	5,3	60,3	Уголь
4	Аммонит 3Т	4,5	4,7	151,6	»
5	Динамон »Т» (с 11% торфа) . . .	48,6	4,3	91,6	Медная руда
6	Аммонит 3Т	25,5	11,8	144,3	» »
7	Динамон (с 15% древесных опилок)	6,92	7,08	77,22	Известняк
8	Аммонит 3Т	2,57	12,97	132,27	»

Данные определения количества вредных газов, получающихся при разложении динамонов и — для сравнения — аммонита 3Т, приведены в табл. 19.

Глава II

ВЫБОР И РАСЧЕТ СОСТАВА ДИНАМОНОВ; СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ КОМПОНЕНТОВ ДИНАМОНОВ

1. Общие указания

Из рассмотрения свойств различных динамонов видно, что на физико-химические и взрывчатые характеристики оказывает влияние не только качественный состав (различные горючие добавки — торф, опилки, солома и пр.), но и рецептура, т. е. количественное соотношение окислителя (аммиачной селитры) и горючей органической или неорганической добавки.

Накопленный экспериментальный материал подтверждает, что при подборе соотношения компонентов следует по возможности ближе подходить к нулевому кислородному балансу.

Однако ограничиваться только теоретическим расчетом смеси на нулевой кислородный баланс нельзя, так как многообразие различных свойств горючих добавок часто вносит значительные изменения в свойства получаемых составов динамонов и требует изме-

нения рецептуры или изменения технологии изготовления. Поэтому рекомендуется (при определенной заданной технологии) выбор рецептур производить следующим образом:

1. Исходя из элементарного анализа горючего компонента, произвести расчет процентного состава смеси на нулевой кислородный баланс.

2. Уточнить принятые соотношения, проверяя взрывчатые характеристики составов с расчетной рецептурой и с рецептурами, несколько отличающимися от расчетной по содержанию горючего компонента в ту и другую сторону.

Достаточно полно охарактеризовать качество составов представляется возможным, произведя определения бризантности и способности к передаче детонации. При подборе рецептур динамонов, предназначенных для подземных работ, необходимо эти испытания дополнять определением количества вредных газов в продуктах взрыва.

Разработка составов для специальных целей, например антигризутных динамонов, потребует дополнительных специальных испытаний в опытном штреке и т. д.

При возможности выбора технологии приготовления следует придерживаться рецептуры с нулевым кислородным балансом и подобрать технологические условия, при которых взрывчатые характеристики принятого состава будут наиболее высокими.

Иногда при выборе рецептуры следует подбирать соотношение компонентов и технологические условия (изменяя в возможных пределах например степень измельчения, влажность, тщательность смешивания) таким образом, чтобы получить оптимальные взрывчатые характеристики.

Произведя расчет, исходят из предположения возможности полного газообразования, т. е. окисления всего заключающегося в смеси углерода в углекислый газ и водорода в воду. Азот освобождается и переходит в продукты взрывчатого разложения в виде элементарного азота.

Такой способ расчета является неточным, так как не учитывается возможность прохождения в температурных условиях взрыва реакций диссоциации:

$$2CO_2 \rightleftarrows 2CO + O_2$$
$$2H_2O \rightleftarrows 2H_2 + O_2$$

и реакции образования окиси азота

$$N_2 + O_2 \rightleftarrows 2NO.$$

Однако получаемая точность вполне достаточна для предварительных расчетов, подтверждение которых должно быть произведено экспериментальным определением взрывчатых характеристик составов динамонов.

Уточненный расчет, значительно усложняя метод, не дает гарантии достаточно правильного отражения количественного

и качественного состава продуктов взрыва. В тех случаях, когда состав вредных газов знать необходимо, определение их должно производиться только экспериментальным путем.

2. Метод расчета

Принимая за исходные данные нулевой кислородный баланс, подбирают такое соотношение компонентов, при котором кислород аммиачной селитры и кислород, содержащийся в горючем, полностью уходят на окисление водорода и углерода. Постоянной величиной для подобных расчетов является количеств активного кислорода в молекуле аммиачной селитры.

1. Взрывчатое разложение аммиачной селитры следующее:

$$NH_4NO_3 = 2H_2O + N_2 + 0{,}5O_2 + 30{,}7 \text{ кал.} \quad (1)$$

Таким образом каждая молекула аммиачной селитры при своем разложении может дать половину молекулы активного кислорода. Этот кислород и должен быть использован для окисления углерода и водорода горючего компонента.

2. Чаще всего состав горючего мы имеем в виде процентного содержания отдельных элементов, например:

$$C = A\%;$$
$$H = B\%;$$
$$O = C\%.$$

Для перехода к химической формуле необходимо процентное содержание каждого из них разделить на молекулярный вес данного элемента:

$$C - \frac{A}{M_c} = a; \quad (2)$$
$$H - \frac{B}{M_h} = b; \quad (3)$$
$$O - \frac{C}{M_o} = c. \quad (4)$$

Таким образом формула данного горючего выразится в общем виде:

$$C_aH_bO_c.$$

3. Далее составляется стехиометрическое уравнение окисления горючего за счет кислорода аммиачной селитры и кислорода, содержащегося в самом горючем. В общем случае имеем:

$$C_aH_bO_c \xrightarrow{O} a\,CO_2 + \frac{b}{2}H_2O.$$

4. Количество атомов кислорода, необходимое для полного окисления, составляет:

$$2a + \frac{b}{2}.$$

5. Количество атомов кислорода, которое должно быть получено из аммиачной селитры, будет:

$$\left(2a+\frac{b}{2}\right)-c.$$

Следовательно количество молекул аммиачной селитры, которое необходимо для окисления горючего, составит:

$$2a+\frac{b}{2}-c \qquad (5)$$

и в общем виде уравнение смеси может быть выражено следующим образом:

$$\left(2a+\frac{b}{2}-c\right)NH_4NO_3+C_aH_bO_c.$$

6. Переходя к весовым соотношениям, получаем выражение для определения процентного состава динамона.

Молекулярный вес селитры — 80 (величина, постоянная для всех расчетов). Принимаем молекулярный вес горючего равным M. Молекулярный вес горючего выражается суммой произведений молекулярных количеств на атомные веса элементов; например:

$$M=aM_C+bM_H+cM_O; \qquad (6)$$

$$\%\ NH_4NO_3=\frac{80\left(2a+\frac{b}{2}-c\right)}{80\left(2a+\frac{b}{2}-c\right)+M}\cdot 100 \qquad (7)$$

или

$$\%\ \text{горючего}=\frac{M}{80\left(2a+\frac{b}{2}-c\right)+M}\cdot 100. \qquad (8)$$

Приведем несколько числовых примеров.

Пример 1. Рассчитать состав динамона на торфе, имеющем элементарный состав:

C = 56,54%
H = 7,06%
O = 32,65%
прочие = 3,75%
Итого 100%

1. Вычисляем молекулярное содержание элементов в горючем и составляем его формулу:

$$a=\frac{56,54}{12}\approx 4,7; \qquad b=\frac{7,06}{1,08}\approx 7;$$

$$c=\frac{32,65}{16}\approx 2. \qquad C_{47}H_{70}O_{20}.$$

2. Молекулярный вес торфа:

$$M=47\cdot 12+70\cdot 1+20\cdot 16=954.$$

3. По формуле (7) вычисляем необходимое количество аммиачной селитры (в %) в динамоне «Т»:

$$\%\ NH_4NO_3=\frac{80\left(2\cdot 47+\frac{70}{2}-20\right)}{80\left(2\cdot 47+\frac{70}{2}-20\right)+954}\cdot 100=90\%.$$

4. Содержание торфа может быть вычислено по разности от 100:

$$100-90=10\%.$$

Пример 2. Рассчитать динамон на сосновых шишках, имеющих элементарный состав:

C = 45,21%
H = 6,09%
O = 45,21%
прочие = 3,49%
Итого 100%

1. Вычисляем молекулярное содержание элементов в горючем и составляем его формулу:

$$a=\frac{45,21}{12}=3,77\approx 3,8;$$

$$b=\frac{6,09}{1,08}=6,06\approx 6,1;$$

$$c=\frac{45,21}{16}=2,82\approx 2,8;$$

$$C_{38}H_{61}O_{28}.$$

2. Молекулярный вес сосновых шишек:

$$M=38\cdot 12+61\cdot 1+28\cdot 16=959.$$

3. По формуле (7) вычисляем необходимое количество аммиачной селитры (в %) в динамоне «СШ»:

$$\%\ NH_4NO_3=\frac{80\left(2\cdot 38+\frac{61}{2}-28\right)}{80\left(2\cdot 38+\frac{61}{2}-28\right)+959}=86,6\%.$$

Аналогичным образом производится расчет составов с добавками металлов, их сплавов или химических соединений.

Пример 3. Рассчитать состав динамона «АК» на сплаве: алюминий — 25%; кремний — 75%.

1. Вычисляем молекулярное содержание элементов в горючем и составляем его эмпирическую формулу:

$$Al-\frac{25}{27}\approx 0,93;$$

$$Si-\frac{75}{28,06}\approx 2,67.$$

Несколько упрощая для удобства вычисления, принимаем формулу:

$$AlSi_{2,87}.$$

2. Количество атомов кислорода, необходимых для окисления, а следовательно и число молей аммиачной селитры может быть вычислено на основании стехиометрического уравнения:

$$2AlSi_{2,87} \xrightarrow{+O} Al_2O_3 + 5,74\, SiO_2;$$

$$\frac{1}{2}O_2 = 3 + 5,74 \cdot 2 = 14,48 \approx 14,5.$$

3. Молекулярный вес сплава:

$$M = 27 + 2,87 \cdot 28,06 \approx 107,6.$$

4. Уравнение смеси может быть выражено следующим образом:

$$14,5\, NH_4NO_3 + 2AlSi_{2,87}.$$

5. Составляя прямую пропорцию, находим процентное содержание селитры в составе:

$$\frac{14,5 \cdot 80}{14,5 \cdot 80 + 2 \cdot 107,6} \cdot 100 = 84,4\%.$$

Пример 4. Рассчитать состав динамона с пиритом — FeS.

1. Составляем стехиометрическое уравнение окисления пирита:

$$2FeS \xrightarrow{O} Fe_2O_3 + 2SO_2.$$

2. Количество атомов кислорода, необходимого для окисления пирита, и следовательно количество молей селитры:

$$3 + 4 = 7.$$

3. Молекулярный вес пирита:

$$56 + 32 = 88.$$

4. Уравнение смеси выражается в следующем виде:

$$7NH_4NO_3 + 2FeS.$$

5. Составляя прямую пропорцию, находим процентное содержание селитры в составе:

$$\%\ NH_4NO_3 = \frac{7 \cdot 80}{7 \cdot 80 + 2 \cdot 83} \cdot 100 = 76,8\%.$$

Во всех приведенных расчетах учитывается только окисляемая часть горючей добавки.

Практически приходится иметь дело с так называемыми «рабочими навесками», т. е. компонентами, содержащими некоторое количество влаги, золы, нерастворимых примесей и т. д.

Кроме того обычно во всех горючих типа клетчатки содержатся незначительные количества серы и азота. По принятому условию азот переходит в элементарном виде в продукты взрывчатого разложения и не оказывает влияния на соотношение горючего и окислителя. Вносить поправку на содержание серы нет смысла, так как количества ее весьма малы и кроме того мы не можем предусмотреть фактически протекающие реакции. Не вся сера в продуктах взрыва находится в виде SO_2. Обычно наряду с сернистым газом обнаруживается и сероводород H_2S.

Содержание влаги и золы в горючих компонентах часто бывает значительным и различие между рецептурой, рассчитанной по горючей части и с учетом балласта, заметно сказывается при рабочих дозировках.

Учитывать балласт следует только в горючем компоненте, так как количества влаги и нерастворимых примесей в аммиачной селитре незначительны и мало влияют на результат расчета.

Поправка на балласт рассчитывается суммарно для золы и влаги. Порядок расчета может быть принят следующий:

По расчету на горючую часть соотношение компонентов получено $NH_4NO_3 - K\%$; горючего — $Z\%$.

В горючем содержится золы — $A\%$, влаги — $W\%$.

1. Составляя обратную пропорцию, рассчитываем весовые количества горючей добавки:

$$N = \frac{Z}{100 - (A + W)} \cdot 100,$$

где N — весовое количество горючего.

2. Процентный состав по рабочим навескам получим следующий:

$$Z' = \frac{N}{N + K} \cdot 100$$

или

$$Z' = \frac{\frac{Z}{100 - (A + W)}}{\frac{Z}{100 - (A + W)} + K},$$

где Z' — процентное содержание горючего по рабочей навеске.

3. Процентное содержание аммиачной селитры:

$$K' = 100 - Z',$$

где K' — процент аммиачной селитры в составе, рассчитанном на рабочие навески.

3. Характеристики отдельных компонентов динамонов

а) Аммиачная селитра — азотнокислая соль аммония, известна с 1658 г., но только в 1867 г. она впервые была рекомендована для приготовления взрывчатых веществ. Ранее аммиачная селитра применялась взамен калиевой селитры в черном порохе. Аммиачная селитра имеет молекулярный вес 80,04. По элементарному анализу состоит из 60% кислорода, 5% водорода и 35% азота. При взрывчатом разложении аммиачная селитра разлагается с выделением 20% (по весу селитры) активного кислорода, т. е. кислорода, который в динамонах идет на окисление горючих веществ.

В чистом виде аммиачная селитра представляет собой кристаллический порошок белого или желтого цвета с удельным весом

кристаллов в зависимости от кристаллического строения в пределах 1,66—1,725.

До —16° аммиачная селитра находится в тетрагональной форме. При повышении температуры до +32° кристаллы аммиачной селитры переходят в α-ромбическую форму с удельным весом 1,726. В этой форме кристаллы аммиачной селитры обладают наименьшей слеживаемостью. При температуре +32° и несколько выше α-ромбическая форма переходит с поглощением тепла (5 *кал* на 1 *г*) в β-ромбическую форму с удельным весем 1,66. При понижении температуры в этих пределах, особенно во влажной атмосфере, переход β-ромбической формы в α-ромбическую сопровождается сильной слеживаемостью (отвердением).

При 84,2° β-ромбическая модификация переходит в кристаллы ромбоэдрической формы с удельным весом 1,69 и при этом происходит выделение тепла в количестве 5,3 *кал* на 1 *г*.

При 125° образуется кубическая форма кристаллов, отличающаяся значительной клейкостью.

Техническая аммиачная селитра выпускается мелкокристаллической (парафинированная березниковская), крупнокристаллической и гранулированной. Наиболее удобной для производства динамонов можно считать мелкокристаллическую парафинированную березниковскую селитру, так как она обладает несколько меньшей по сравнению с другими сортами слеживаемостью и легче измельчается.

Гранулированная селитра сравнительно легко обрабатывается (измельчается). В производстве динамонов для повышения интенсивности процесса сушки целесообразно производить предварительное дробление ее. Наиболее трудной в обработке в производстве динамонов является крупнокристаллическая аммиачная селитра.

Гравиметрическая плотность аммиачной селитры находится в пределах 0,8—1,0. Повышение гравиметрической плотности выше 1,10—1,15 при нормальной влажности ее (0,2—0,3%) требует значительных усилий и практически при обычном патронировании не достигается. Однако такая плотность для многих аммиачно-селитренных взрывчатых веществ является уже критической.

Растворимость аммиачной селитры в воде очень велика и сильно возрастает с повышением температуры; так, при 0° в 100 *мл* воды растворяется 118 *г*, а при 100°— 871 *г*.

Это явление тесно связано с резким понижением температуры плавления аммиачной селитры при повышенной влажности.

Чистая аммиачная селитра плавится при температуре 169,6°, но уже следы влаги сильно снижают эту точку и при некоторых влажностях заметное подплавление начинается уже при температурах 120—140°.

При воздействии высоких температур аммиачная селитра разлагается, причем в зависимости от температуры, скорости нарастания температуры, физической однородности вещества

и давления, под которым происходит разложение, течение реакции разложения может быть различно.

Установлено, что при температуре выше 120° начинается распад аммиачной селитры (в количестве до 1%) на закись азота и воду:

$$NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O + 10{,}2\ \textit{кал},$$

а начиная с 185° наблюдается уже бурное разложение.

Осторожное нагревание несколько выше температуры плавления способствует протеканию реакции диссоциации:

$$NH_4NO_3 \rightleftarrows NH_3 + HNO_3 - 41{,}3\ \textit{кал}.$$

При крайне быстром нагревании до 400—500° аммиачная селитра разлагается со взрывом по следующему уравнению:

$$NH_4NO_3 \rightarrow 0{,}75N_2 + 0{,}5NO_2 + 2H_2O + 29{,}5\ \textit{кал}.$$

В случае быстрого нагревания аммиачной селитры до очень высоких температур или при возбуждении ее весьма мощным капсюлем-детонатором, а также при применении ее в смесях разложение ее идет по следующему уравнению, принятому как основное уравнение разложения:

$$NH_4NO_3 = 2H_2O + N_2 + 0{,}5O_2 + 30{,}7\ \textit{кал}.$$

Формы разложения аммиачной селитры не ограничиваются четырьмя приведенными уравнениями, однако остальные формы разложения имеют второстепенное значение, являясь побочными реакциями при протекании основных вышеприведенных реакций.

Практически для аммиачной селитры взрывоопасной принимается температура 300°. Однако перегрев селитры при сушке ее и при более низких температурах опасен, так как начавшееся разложение вызывает отравление атмосферы вредными продуктами разложения (все виды окислов азота, легко переходящие на воздухе в NO_2).

Чувствительность аммиачной селитры к инициирующему импульсу мала и повышается с увеличением диаметра заряда. Инициирующая сила капсюля-детонатора № 8 при диаметре заряда, меньшего 100—120 *мм*, является недостаточной для возбуждения устойчивого взрывчатого разложения. Этим можно объяснить то, что при испытании аммиачной селитры как взрывчатого вещества стандартными методами получаются чрезвычайно низкие показатели, например бризантность по Гессу 1—2 *мм*. Одновременно следует указать, что при испытании аммиачной селитры на бризантность в железном кольце с толщиной стенки около 2 *мм* получена усадка свинцового цилиндрика в 15,4 *мм*. При диаметрах заряда аммиачной селитры 100—120 *мм* капсюль-детонатор № 8 уже вызывает устойчивую детонацию.

О работоспособности аммиачной селитры в литературе имеются разноречивые указания. Различие мнений, видимо, следует объяснить неприменимостью испытаний работоспособ-

ности веществ с большим положительным кислородным балансом (для селитры +20) в бомбе Трауцля.

При небольшой навеске селитры вторичные реакции между продуктами неполного сгорания капсюльного состава и кислородом производят дополнительную работу, которая и влияет на результаты испытания.

Проф. К. К. Снитко проводит данные расширения в бомбе Трауцля для аммиачной селитры в зависимости от рода капсюля-детонатора, приведенные в табл. 20.

При испытании работоспособности аммиачной селитры на баллистическом маятнике (диаметр заряда 40 мм) было установлено, что для полноты детонации необходимо применять мощный промежуточный детонатор. При применении в качестве промежуточного детонатора аммонита № 2, даже при отношении веса промежуточного детонатора к весу селитры, равном 1:4, не всегда удается получить полноту детонации. Эквивалентный заряд по отношению к заряду 200 *г* аммонита № 2Т при таких условиях был получен равным 348 ± 18 *г*.

Таблица 20

Зависимость работоспособности аммиачной селитры от рода капсюля-детонатора

№ п/п	Применяемый капсюль-детонатор	Расширение в бомбе Трауцля в $см^3$ при испытании аммиачной селитры
1	Гремуче-ртутный № 8	125
2	Гремуче-ртутный толовый № 8 в медной оболочке	165
3	Азидо-тетриловый № 8 в алюминиевой оболочке	250

Положительными свойствами аммиачной селитры, которые позволяют применять ее для изготовления взрывчатых смесей, являются:

1. Способность к экзотермической реакции.
2. Полное превращение в газы.
3. Химическая стойкость при низких температурах.
4. Большая безопасность в обращении.

К числу отрицательных свойств следует отнести: сильную гигроскопичность, способность к слеживанию и низкую гравиметрическую плотность.

б) Торф в настоящее время является одним из наиболее распространенных горючих компонентов в составе динамонов.

Химический состав горючей части торфа хотя и зависит от месторождения и глубины залегания торфа, однако мало разнится между собой (табл. 21). Зольность торфов колеблется в очень широких пределах. Небольшие колебания наблюдаются и в содержании так называемых летучих веществ.

Таблица 21

Химический состав различных образцов торфа

Название сорта торфа	Углерод C%	Водород H%	Кислород O%	Азот N%	Сера S%	Зола	Летучие
1. Березовский I	56,54	7,06	32,65	3,36	0,39	Определение не производилось	
2. » II	56,54	7,08	32,85	3,36	—	—	То же
3. » III	52,80	5,67	41,0	—	0,50	7,04	60,40
4. » IV	50,50	5,30	43,89	—	0,31	8,87	67,14
5. Казанский	56,54	8,24	31,53	3,32	0,37	6,95	Определение не производилось
6. Ореховский	66,95	7,03	13,30	2,98	0,54	9,20	То же
7. Егорьевский I	65,60	6,45	14,15	1,67	0,35	11,78	»
8. » II	65,88	5,66	22,0	1,72	0,29	4,45	»
9. Одинцовский	64,29	6,19	19,30	2,70	0,65	6,87	»

Хотя практически почти все образцы торфа могут быть использованы для приготовления динамонов, однако некоторые из них требуют сложной технологической обработки и поэтому применение их следует считать иногда нецелесообразным. Например применение торфа с содержанием золы выше 40% следует считать невыгодным из-за плохого качества получаемого динамона.

Снижение бризантности при неизменной технологии наблюдается уже при содержании 16% золы в торфе.

Необходимость определения зольности торфов и внесение соответствующей поправки в рецептуру динамонов может быть подтверждена результатами испытания различных сортов динамонов на торфе, приведенными в табл. 22.

Таблица 22

Зависимость бризантности от зольности торфа

Характеристика составов	Зольность торфа в %	Бризантность в *мм*
1. Составы с постоянной рецептурой: аммиачная селитра .... 88%, торф 12%	3	13,8
	8	15,3
	16	13,1
	20	13,1
	30	13,3
2. Составы с рецептурой, соответствующей нулевому кислородному балансу или близкие к нему	3	16,0
	8	15,3
	16	16,7
	20	14,2
	30	13,9

Устойчивость динамона, имеющего в своем составе торф, в отношении сохранения физических и взрывчатых свойств довольно высока, увлажнение и слеживаемость — небольшие. Взрывчатые характеристики таких динамонов сохраняются почти неизменными в течение 4—5 месяцев.

Для приготовления динамонов торф является весьма удобным материалом. Он легко измельчается на всех видах измельчительной аппаратуры, давая значительный процент очень мелких (пылеобразных) фракций. Некоторые сорта торфов, например березовский, без труда измельчаются даже в деревянных барабанах при помощи деревянных шаров. Для измельчения все же целесообразно применять металлическую аппаратуру.

При организации и проведении процесса сушки следует иметь в виду легкую воспламеняемость торфа. Для создания безопасности и в то же время сохранения скорости процесса сушки следует идти не столько по пути снижения рабочей температуры сушки, сколько по пути создания условий сушки при непрерывном перемешивании сушимого слоя.

Некоторые авторы указывают на отрицательное влияние высоких температур сушки торфа, при которых происходят потери летучих веществ, содержащихся в торфе, что в свою очередь отрицательно сказывается на взрывчатых свойствах динамонов.

Для составов динамонов, которые изготовлялись на торфе, высушенном при температуре 60°, были получены более высокие взрывчатые характеристики, чем для составов, приготовленных на торфе, высушенном при температуре 110—115°. Однако при повторных результатах это явление не всегда подтверждалось, и окончательного вывода по этому вопросу сделать пока нельзя. С достоверностью лишь можно сказать, что такое влияние имеет место далеко не для всех сортов торфа.

Применение торфа с влажностью выше 15% при изготовлении динамонов следует считать недопустимым.

Влияние свойств различных сортов торфов на взрывчатые свойства динамонов и особенно на способность к передаче детонации и связанную с ней чувствительность к восприятию инициирования характеризуется данными табл. 23.

Таблица 23

Характеристика составов на торфах различных видов

Наименование вида торфа	% торфа в составе	Ситовой анализ состава Сито № 30	Бризантность в *мм*	Передача детонации в *см*
1. Ореховский торф	9—12	15%	10	4
2. Егорьевский »	9—12	15%	10	6
3. Орудьевский »	9—12	15%	10	Отказ

Примечание. Испытания на передачу детонации производились в стандартных патронах диаметром 31 ± 1 *мм* и весом 150 *г*.

в) Древесная мука из опилок хвойных и лиственных пород дерева получила также довольно широкое распространение как горючий компонент при изготовлении динамонов. На основе этого сырья при тщательной технологической обработке могут быть получены динамоны весьма высокого качества.

Элементарный анализ опилок дает обычно цифры, близкие к следующим: C — 47,5%; H — 5,2%; O — 47,3%.

Влияние кислородного баланса на взрывчатые свойства динамонов на опилках при неизменных технологических условиях может быть продемонстрировано на следующем примере (табл. 24).

Значительно сильнее, чем для составов на торфе, сказывается увеличение зольности составов на древесной муке. Однако зольность древесной муки всегда, естественно, ниже, чем у торфов, и вряд ли можно назвать породы дерева, которые были бы неприменимы из опасения получить неудовлетворительные взрывчатые свойства динамона.

Таблица 24

Влияние кислородного баланса на бризантность

Состав	Кислородный баланс в %	Бризантность в *мм*
Состав с древесной мукой из хвойных пород дерева	—0,5	9,9
	—0,2	12,2
	+4,3	9,6

Значительно более трудное сырье представляет собой древесная мука в отношении технологической обработки. Процесс отдачи влаги у древесных опилок протекает несколько медленнее, чем у торфа. Высушивать опилки и все им подобные горючие добавки следует до содержания влаги 4—6%. Температуру сушки опилок следует ограничивать только соображениями безопасного ведения процесса. Кроме того древесные опилки являются одним из наиболее трудно измельчаемых видов горючих добавок.

Время, требуемое для измельчения древесных опилок, примерно в 4—5 раз больше, чем время, необходимое для измельчения торфа на той же аппаратуре и до той же степени измельчения. Наиболее мелких фракций, пылеобразных, при измельчении древесных опилок получается значительно меньше, чем при торфе.

Во всех случаях измельчение опилок следует проводить до состояния, когда не меньше 70% будет проходить через сито № 30.

Древесная мука мало влияет на свойства селитры увлажняться и слеживаться.

г) Мука сосновой коры является одним из наиболее старых видов горючих, примененных для производства динамонов. Однако сырьевая база сосновой коры более ограничена, чем у предыдущих двух горючих добавок.

Состав органической части муки сосновой коры близок к следующему: С — 45,8%; Н — 6,4%; О — 47,8%.

Мука сосновой коры содержит значительное количество летучих веществ, что способствует повышению взрывчатых свойств и чувствительности к инициированию.

Большое содержание летучих веществ ограничивает температуры сушки сосновой коры, так как при высоких температурах происходит интенсивная возгонка летучих, что нежелательно вследствие снижения при этом взрывчатых свойств динамона, а также по условиям безопасности (летучие легко вспыхивают).

Так как обычно мука сосновой коры содержит незначительные количества влаги, то температуру сушки можно рекомендовать в пределах 60—70°.

Измельчается сосновая кора сравнительно легко. Время, необходимое для измельчения сосновой коры, примерно в 2,5—3 раза меньше, чем для измельчения древесных опилок. При измельчении коры до тонины, соответствующей прохождению 70% через сито № 30, количество тонких (пылеобразных) фракций, примерно, равно количеству их для торфа. Составы динамонов на муке сосновой коры уступают составам на торфе по свойствам гигроскопичности, но по своим взрывчатым свойствам, при одинаковых технологических условиях обработки, примерно равны им.

д) Мука сосновых шишек является высококачественным, но пока еще не получившим производственного применения сырьем для производства динамонов.

Элементарный состав органической части сосновых шишек близок к следующему: С — 46,9%; Н — 6,2%; О — 46,9%.

От других видов горючих добавок сосновые шишки отличаются высоким содержанием летучих и смолистых веществ. Очевидно именно это свойство дает возможность получить при тех же технологических условиях, что и для других горючих, динамон с более высокими взрывчатыми свойствами.

Бризантность составов динамона на сосновых шишках на 3—4 мм выше, чем у динамонов с торфом или мукой сосновой коры; скорость детонации также выше и при испытании в железных трубах превысила скорость составов динамонов с торфом примерно на 800—1 000 м/сек.

Отметим, что ряд опытов показал некоторое снижение взрывчатых свойств для составов динамонов, изготовленных на более старых шишках. Широкое применение муки сосновых шишек для изготовления динамонов осложняется известными трудностями в технологической обработке и сложностью заготовок сырья. В частности затруднительной в настоящее время является операция по измельчению сосновых шишек.

Сушку шишек во избежание потерь летучих необходимо производить при низких температурах в пределах 60 ± 10°. Необходимо иметь в виду, что начальная влажность шишек невелика, поэтому сушка, очевидно, будет производиться на существующих установках с достаточной производительностью.

е) Мука сосновой кроны представляет собой достаточно высококачественное сырье для изготовления динамонов. Однако она также является малоприменимой из-за трудности заготовок и затруднений в измельчении.

Элементарный состав органической части сосновой кроны примерно следующий: С — 46,0%; Н — 6,4%; О — 47,6%.

Содержание смолистых и летучих веществ в сосновой кроне достаточно велико, что обусловливает высокие взрывчатые качества динамонов.

ж) **Другие горючие компоненты типа клетчатки** (солома, текстильная костра) являются более трудными при технологической обработке, которая для получения высокого качества динамонов должна быть особо тщательной.

При обработке этих видов сырья основное затруднение представляет измельчение.

Элементарный состав некоторых видов таких горючих приведен в табл. 25. При соответствующей технологической обработке однозначность динамонов на подобных горючих добавках может быть получена в производственных условиях в пределах 10—12 мм и выше.

Таблица 25

Анализ некоторых горючих компонентов динамонов

Название вещества	Углерод в %	Водород в %	Кислород в %	Азот в %	Сера в %	Химическая формула
1. Солома	46,93	6,06	42,9		0,11	$C_{39}H_{65}O_{27}$
2. Костра пеньковая . . .	48,52	7,48	42,9	1,01	0,09	$C_{40,5}N_{7,05}O_{23,8}$
3. Костра текстильная . .	51,0	6,10	42,8	—	0,10	$C_{42,5}H_{61}O_{27}$
4. Лузга	48,5	5,9	43,0	0,7	0,10	$C_{40,5}H_{59}O_{26,8}$
5. Рисовая шелуха	50,3	6,10	42,7	0,7	0,10	$C_{42}H_{61}O_{30,7}$

з) Угли. Древесный уголь одним из первых горючих был предложен в качестве составной части динамонов. В зависимости от степени обжига содержание углерода в древесных углях колеблется в пределах 75—80%, а процентное содержание его в динамонах соответственно 10—7%.

Составы на древесном угле отличаются сравнительно низкой чувствительностью к инициированию и дают при одинаковых технологических условиях более низкие взрывчатые характеристики, чем составы на органических горючих типа клетчатки с достаточно высоким содержанием летучих. Технологическая обработка древесного угля не представляет затруднений.

Основным отрицательным свойством древесного угля, а также и составов на древесном угле является большая гигроскопичность, способность слеживаться и весьма низкие оптимальная и критическая плотность. Все это создает неустойчивость взрывчатых свойств динамонов на древесном угле при их хранении и перевозках.

Каменный уголь. Из всех видов каменных углей более применимым для изготовления динамонов следует считать бурый уголь.

Бурый уголь требует тщательной технологической обработки: максимального высушивания и измельчения с проходимостью не менее 70% через сито № 60.

При хранении и перевозках динамонов на буром угле легко снижаются их взрывчатые свойства.

и) Различные продукты перегонки угля и нефти. Парафин. При применении парафина как горючего компонента в составе динамонов необходима экспериментальная проверка расчетной рецептуры на нулевой кислородный баланс. Элементарный анализ парафина определяется по эмпирической формуле $C_{25}H_{50}$. Расчет состава динамона с парафином на нулевой кислородный баланс показывает, что содержание его в динамоне должно составлять 5,5%. Однако получить динамон с удовлетворительными взрывчатыми показателями можно только при значительно более низком содержании парафина.

Результаты испытаний составов динамонов с парафином приведены в табл. 26.

Как видно из табл. 26, состав динамона с нулевым кислородным балансом наиболее желателен (переводный коэфициент 0,914), однако он не обеспечивает получения взрывчатых свойств, позволяющих с надежностью рекомендовать этот состав.

Таблица 26

Испытания динамона с парафином

Состав в %		Передача детонации на расстояние в см	Бризантность в мм		Переводный коэфициент по сравнению с аммонитом № 2Т при испытании в баллистическом маятнике
аммиачная селитра	парафин		по Гессу при плотности 0,8	в железных кольцах при плотности 0,8	
99	1	0	5	24,3	1,41
98	2	1	8,6	26,6	1,24
97	3	Отказ	11,0	28,6	1,07
96	4	»	5,0	30,3	0,97
94,5	5,5	»	3,4	30,0	0,914

При испытании в зарядах с малым диаметром дает неудовлетворительные результаты по бризантности, чувствительности к инициированию и передаче детонации.

Каменный пек. Анализ ряда пеков дал примерно следующий состав их: C — 91,8%; H — 4,48%; O — 3,56%; зола — 0,16%.

Введение пека в состав динамонов может производиться или обычным способом путем смешивания предварительно измельченного пека с аммиачной селитрой, или смешиванием горячим способом.

Флегматизирующие свойства у пека меньше, чем у парафина, и применяемая технология обеспечивает использование составов на пеке с нулевым кислородным балансом.

При изготовлении динамонов можно применять такие горючие вещества, как антрацен, нафталин, фенантрен и др., однако, производственной проверки этот вопрос еще не получил.

к) Металлические добавки. К отрицательным свойствам металлических добавок следует отнести повышенную способность динамонов к слеживанию и малую способность к восприятию инициирования и передаче детонации.

Все металлические добавки требуют весьма тщательного измельчения, особенно такие, как алюминий, железо и различные сплавы, включающие их.

Алюминий, его сплавы или смеси металлов с алюминием способны при некоторых температурных условиях и при определенной влажности к самовоспламенению, что заставляет особо тщательно

подходить к организации производства подобных составов динамонов. При хранении и перевозках такие составы динамонов неустойчивы и их взрывчатые свойства значительно снижаются.

3. Прочие горючие. Список горючих веществ, получивших в силу тех или иных обстоятельств широкое промышленное применение, при изготовлении динамонов ограничен. Однако, количество горючих, которые возможно использовать для изготовления динамонов, велико.

Известен ряд составов динамонов, в которых были использованы жидкие горючие: керосин, бензин, мазут, вазелиновое масло, машинное масло и др., соли и руды, отходы различных производств, например жмыхи и т. д. Каждое из указанных веществ требует экспериментальных работ для решения вопроса о рецептуре и наиболее целесообразной технологии приготовления. Естественно, что эти вопросы должны решаться индивидуально в каждом случае с учетом всех особенностей компонента и имеющихся производственных возможностей.

Глава III

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ДИНАМОНОВ И ПРИМЕНЯЕМАЯ АППАРАТУРА

Технологический процесс изготовления динамонов состоит из следующих производственных операций (рис. 1 и 2):

1. Подготовка аммиачной селитры.
2. Подготовка горючего компонента.
3. Смешивание компонентов.
4. Патронирование, покрытие патронов водоизолирующим составом.
5. Укупорка.

Ясно, что процессы патронирования динамона и покрытия патронов водоизолирующим составом необходимы только в случае применения динамона в подземных горных работах или в мокрых забоях, или же для специальных целей.

Начинаются и заканчиваются производственные процессы изготовления динамонов процессами складирования: в первом случае — исходных материалов, во втором случае — готовой продукции.

Подготовка аммиачной селитры состоит из ряда операций. Порядок производства этих операций и необходимость проведения некоторых из них зависят от применяемого сорта селитры, требований к качеству готового продукта и правильного выбора аппаратуры.

Подготовка аммиачной селитры заключается в предварительном дроблении, сушке и тонком измельчении.

Процесс предварительного дробления всегда предшествует остальным процессам подготовки аммиачной селитры и является совершенно необходимым. Только случайно может поступить партия аммиачной селитры в неслежавшемся виде и в этом случае отпадает необходимость предварительного дробления. Процесс сушки обычно является второй операцией подготовки аммиачной селитры. Аммиачная селитра имеет обычно влажность от 0,6% и выше, тогда как для производства динамона нужно, чтобы ее влажность была не выше 0,2%.

При использовании гранулированной селитры с небольшой степенью влажности (до 1%) целесообразно вести сушку после тон-

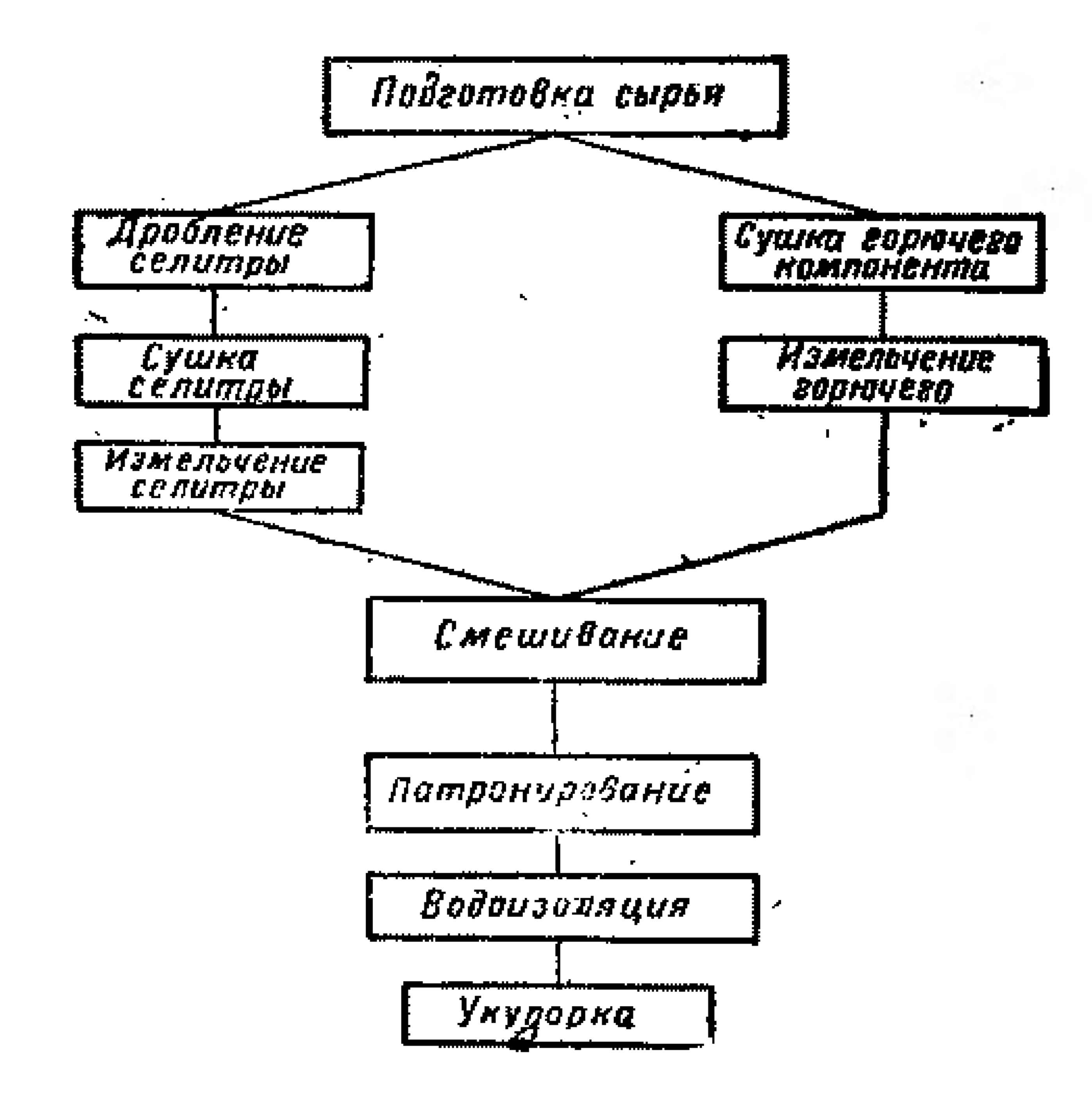


Рис. 1. Технологическая схема изготовления динамонов

кого измельчения. Это вызывается тем, что, во-первых, при сушке грануль аммиачной селитры покрывается довольно твердой корочкой и тонкое измельчение ее становится затруднительным, а, во-вторых, сушка гранулей аммиачной селитры протекает в высшей степени медленно, так как поверхность испарения невелика.

Тонкое измельчение заключает процесс подготовки аммиачной селитры к смешиванию. Необходимость этой операции зависит прежде всего от требований к качеству готового продукта и принятого типа и размеров смесительного оборудования.

При желании обеспечить высокое качество динамона (высокую бризантность — 12 мм и выше) необходимо вести тонкое измельчение аммичной селитры до тонины, характеризующейся остатком в 15—20% на сите № 30.

При возможности использовать динамон с менее высокой бризантностью (до 12 мм) и достаточно правильном подборе типа и размеров смесительной аппаратуры и мелющих тел, обеспечиваю-

щих тонкое измельчение аммиачной селитры в процессе смешивания, можно обойтись без операции самостоятельного тонкого измельчения: эта операция автоматически, без дополнительного оборудования выполняется в смесительной аппаратуре.

Как первая схема подготовки аммиачной селитры, включающая все три процесса — дробление, сушка, тонкое измельчение, так и вторая схема без самостоятельного процесса тонкого измельчения

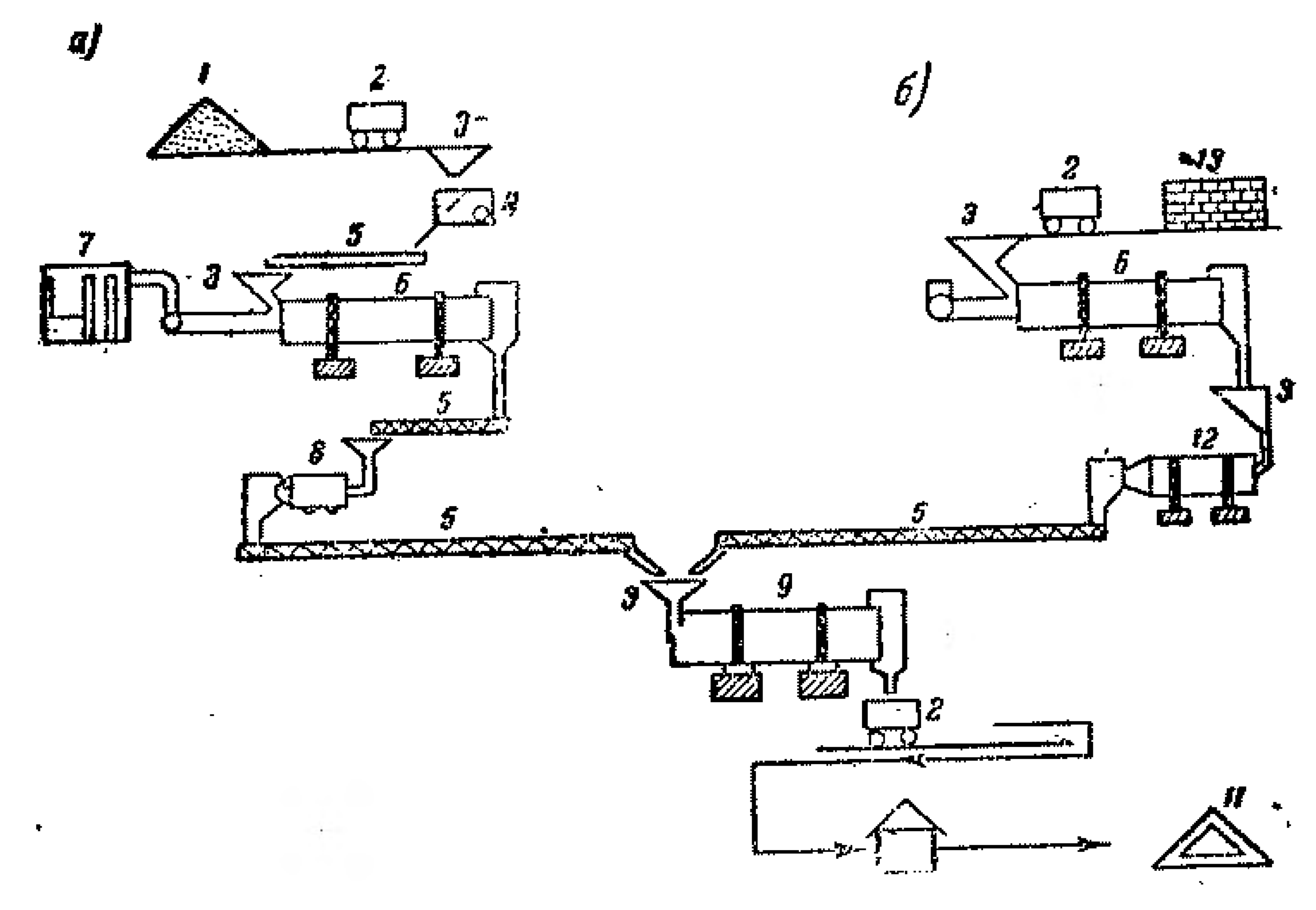


Рис. 2. Технологическая схема производства:

а — аммиачная селитра; б — горючая добавка; 1 — склад аммиачной селитры; 2 — вагонетка; 3 — бункер; 4 — дробилка Клеро; 5 — шнек; 6 — сушильный барабан; 7 — топка; 8 — стержневая мельница; 9 — барабан-смеситель; 10 — патронировочная; 11 — готовая продукция; 12 — шаровая мельница; 13 — склад торфа.

являются достаточно распространенными и в каждом отдельном случае могут быть рациональными.

Подготовка горючего компонента включает также несколько операций, причем необходимость в количестве их определяется свойствами используемого компонента и принятой смесительной аппаратурой.

Подготовка горючего обычно сводится к трем процессам: предварительное дробление, сушка и тонкое измельчение.

Часто предварительное дробление горючего компонента не является обязательным процессом. Ряд горючих поступает в производство уже в раздробленном виде (фрезоторф, древесные опилки и др.). Для части же горючих предварительное дробление предопределяет производительную работу сушки и тонкого измельчения и является обязательным (солома, иглы, сосновая крона, сосновые шишки и др.).

Сушка для большинства горючих компонентов (исключение представляют вещества, содержащие малые количества влаги, как пек, антрацен) является совершенно необходимой. Для получения высокого качества динамона влажность горючего компонента не должна превышать 4—6%.

В некоторых случаях практикуется изготовление динамона без сушки горючего компонента, но в этом случае сушка производится у завода-поставщика горючего. Зависимость завода-производителя от завода-поставщика горючего создает ряд неудобств, так как в весеннее и осеннее время горючее, естественно, увлажняется, что в значительной степени сказывается на качестве выпускаемой продукции.

Поэтому целесообразно иметь на заводе-производителе оборудование для сушки горючего.

Тонкое измельчение горючего — процесс, необходимый для обработки большинства из них.

Особенно тщательно должны быть измельчены металлические горючие добавки, проходимость их должна быть обеспечена через сито № 80 и выше.

Измельчение органических горючих добавок может быть значительно ниже и характеризуется ситом № 30.

При использовании в качестве горючего компонента торфа с высокой степенью разложенности можно исключать процесс тонкого измельчения, так как торф измельчается в процессе смешивания.

Правда, это ведет к некоторому снижению производительности смесительной аппаратуры вследствие необходимости увеличивать время смешивания для достижения требуемого качества динамона.

Таким образом подготовка горючей части динамонов в большинстве случаев включает три процесса обработки его.

Процесс смешивания является заключительным в технологической схеме приготовления динамона. От тщательности смешивания зависит качество динамона. При грубом смешивании (например лопатой в ящике) можно получить динамон с весьма низкой бризантностью и, наоборот, при смешивании в смесительном барабане при правильно выбранном режиме его работы получается динамон с высокой бризантностью.

При приготовлении специальных сортов динамонов — малогазовых, антигризутных и водоустойчивых — может возникнуть надобность или в дополнительных операциях или в усложнении перечисленных. Например приготовление водоустойчивого динамона на парафине требует дополнительной операции ожиривания селитры

после сушки последней, а придание динамону антигризутности может потребовать усложнения процесса смешивания за счет раздельного смешивания компонентов с теми или иными добавками.

Выбор аппаратуры для изготовления динамонов должен производиться с соблюдением следующих условий:

1. Соответствие аппаратуры требованиям технологического процесса.

2. Соответствие производительности аппаратуры заданной производительности.

3. Безопасное ведение процессов.

4. Экономичность эксплоатации (наименьший расход энергии и топлива, расход рабочей силы и т. д.).

1. Предварительное дробление аммиачной селитры

Аммиачная селитра, как правило, поступает в слежавшемся виде и для успешной работы следующих по технологической схеме процессов необходимо ее раздробить. Для этой цели пригодно большинство дробительных аппаратов, дающих крупность раздробленных кусков 5—10 мм в ребре и не забивающихся при пропуске аммиачной селитры с высокой степенью влажности.

Хорошие показатели дает нашедшая широкое распространение для этой цели дробилка Клеро, представляющая собой молотковую мельницу.

Производительность дробилки Клеро, имеющей ширину 500 мм и диаметр 600 мм, составляет 1,5—2,0 т аммиачной селитры в час при влажности последней не выше 2%. Дробление аммиачной селитры с более высокой влажностью приводит к запрессовке ее в нижней части пространства между кожухом дробилки и кулачками, и поэтому требуется периодическая очистка разгрузочных щелей, что, естественно, снижает производительность дробилки. Вполне применима также распространенная дробилка Блека, которая не забивается даже при пропуске весьма влажной селитры. Применение валков, также широко распространенных в технике, наоборот, следует считать нецелесообразным, так как при пропуске аммиачной селитры происходит ее прессование между вальцами, приводящее к частой остановке их. Кроме того производительность валков весьма незначительна.

Применение дробилок неэкономично при малой производственной программе — менее 25 т в месяц динамона; в этом случае целесообразнее прибегать к ручному дроблению.

Ручное дробление аммиачной селитры нужно производить на металлических плитах или листах, так как при дроблении на деревянных или цементных полах происходит увлажнение и разрушение последних.

Для дробления может применяться как деревянный, так и металлический инструмент — предпочтение следует отдать деревянному, так как в этом случае получается меньшая утомляемость рабочего при той же производительности.

2. Предварительное дробление и измельчение горючих компонентов

Большинство горючих компонентов, применяемых при производстве динамонов, требует для успешной и производительной сушки предварительного дробления. Большого опыта предварительного дробления большинства горючих еще нет, поэтому высказанные ниже рекомендации являются только предварительными и требуют экспериментальной проверки.

В зависимости от свойств горючего выбирается и тип дробильного аппарата.

Торф при поступлении в производство не в виде фрезоторфа, что предпочтительнее, а в виде кусков машинной резки обрабатывается на молотковых дробилках Клеро или ей аналогичных. В зависимости от влажности разгрузочные отверстия в дробилке делаются меньше или больше. Чем выше влажность торфа, тем более широкими должны быть разгрузочные отверстия. При влажности торфа до 50% можно пользоваться разгрузочными решетками с шириной отверстий 7—10 мм, при влажности более 50% ширина разгрузочного отверстия увеличивается до 15—20 мм. Производительность дробилок Клеро (ширина 1 000 мм и диаметр 1 200 мм) при измельчении торфа с влажностью до 50% и при выходе кусков размерами 3—5 мм в ребре составляет 15—25 т/смену.

Сосновые шишки обрабатываются на мельницах, работающих по принципу резания. Могут быть применены соломорезки со шнековыми питателями и конические мельницы (тип кофейных мельниц).

Сосновая кора при поступлении в виде значительных по длине пластин от 0,5 м и более обрабатывается также на соломорезке.

Этими рекомендациями конечно не исчерпываются возможные типы дробилок, и могут быть применены и другие, обеспечивающие дробление до размера куска в 5—10 мм.

3. Сушка компонентов

а) Сушка аммиачной селитры

Сушка аммиачной селитры может производиться при температуре в слое ее не выше 110—130°, так как при более высоких температурах может происходить разложение селитры, особенно при высокой влажности.

Для сушки аммиачной селитры применяются следующие типы сушилок:

а) сушилка с пароводяной баней;
б) » » песчаной »;
в) сушильные шкафы и камерные сушилки различных систем;
г) » сковороды;
д) барабанные сушилки;
е) шнековые сушилки.

Первые два типа сушилок применяются, главным образом, при малой производительности установок (до 25 т динамона в месяц).

Сушилки с пароводяной баней представляют собой обыкновенные печи, в верхнюю часть огневого пространства которых помещен плоский бак с водой. Питание бака водой происходит под некоторым давлением (1—2 ат). Отвод пара осуществляется через пароотводную трубку, сообщающуюся с атмосферой. Для отвода насыщенного влагой воздуха сушилка снабжается вытяжным зонтом с естественной тягой.

Применение пароводяного подогрева позволяет поддерживать постоянную температуру поверхности в 100—110° и исключает при надлежащем надзоре возможность перегрева аммиачной селитры.

Для сушки аммиачная селитра помещается слоем толщиной 2—3 см непосредственно на поверхность пароводяного бака или на противни, устанавливаемые на этой поверхности. Первый способ размещения аммиачной селитры целесообразен с точки зрения уменьшения теплопотерь (непосредственное соприкосновение сушимого продукта с нагретой поверхностью), но приводит к коррозии поверхности водяного бака. Второй способ предохраняет от коррозии, но несколько уменьшает производительность сушки. Температура слоя селитры обычно значительно ниже температуры в ванне. При температуре воды в ванне 95° температура слоя селитры — всего 57—60°. Для ускорения сушки аммиачная селитра систематически перемешивается.

Проведенные в различное время года и в различных условиях испытания этого типа сушилки показывают, что она обладает малым коэфициентом испаряемости, резко меняющимся в зависимости от относительной влажности воздуха (табл. 27).

Таблица 27

Данные об испытании сушилок с пароводяной баней

Место проведения наблюдений	Время года	Площадь поверхности сушилки в м²	Температура ванны в °С	Вес загружаемой влажной селитры в кг	Время сушки в часах	Влажность в %: начальная	конечная	Коэфициент испарения в кг/м² час	Фактич. производ. кг/м² в смену
Ср. Урал	Весна	1,5	100	15	3,0	2,5	0,2	0,076	22,3
Ю.-В. Казахстан	»	1,5	95	27	6,5	0,74	0,19	0,015	20,3
Сев. Урал	Зима	1,5	100	40	1,0	1,0	0,07	0,24	140
Юж. Казахстан	»	1,5	100	40	1,16	2,0	0,5	0,34	140

Столь непостоянный режим работы сушилок делает их использование весьма затруднительным. Для установления более постоянного режима сушки необходимо сушилку снабжать не естественной, а принудительной вентиляцией и устанавливать ее обязательно в отапливаемом помещении.

Введение таких дополнений хотя и увеличивает расходы по эксплоатации и усложняет установку, но окупается производительностью. Расход топлива пароводяных сушилок в зимнее время составляет 250—300 кг условного топлива на 1 т аммиачной селитры.

Сушка на песчаных банях. Более высокие показатели сушки при простоте установки дают сушилки с песчаной баней. От пароводяной сушилки они отличаются отсутствием промежуточного водяного бака. На омываемую огнем и дымовыми газами плиту помещается слой песка высотой 3—4 см, который и служит переносчиком тепла от плиты к сушимому продукту. При такой системе сушки возможно лишь грубое регулирование температуры, осуществляемое путем устройства приспособлений, позволяющих направлять дымовые газы непосредственно на выхлоп без омывания плиты. Производительность таких сушилок несравненно выше и устойчивее, что делает их использование более рациональным по сравнению с сушилками с пароводяным подогревом. В табл. 28 приведены сравнительные данные этих типов сушилок.

Таблица 28

Сравнительные данные типов сушилок

Система сушилки	Площадь сушащей поверхности в м²	Температура °С: ванны	слоя материала	Влажность в %: начальная	конечная	Вес загруженного влажного продукта в кг	Время сушки в час.	Коэфициент испар. в кг/м² час
Сушилка с пароводяной баней	1,5	95	57	0,74	0,19	27	6,5	0,015
Сушилка с песчаной баней	1,5	85—100	85—90	1,09	0,13	28	3	0,06

При этой системе сушилки с естественной вытяжкой влажного воздуха относительная влажность среды также оказывает значительное влияние, однако оно меньше, так как имеется возможность держать температуру сушащей поверхности в 130—150°, за счет чего увеличивается скорость воздухообмена. Расход топлива в сушилках с песчаной баней в 1,5—2 раза меньше, чем в сушилках с пароводяным обогревом.

Камерные сушилки и сушильные шкафы. Более производительными сушильными установками являются сушильные шкафы с обогревом теплым воздухом, просасываемым через сушилку из калорифера при помощи вентилятора или нагреваемым в камере шкафа циркулирующими в его стенах дымовыми газами.

В сушильных шкафах с циркулирующим воздухом производительная сушка происходит тогда, когда каждый ряд противней с аммиачной селитрой омывается с нижней и верхней поверхности.

Боковое омывание воздухом нерационально, так как в этом случае производительность сушилки весьма незначительна. На одном из заводов именно при такой системе циркуляции с 1 м² площади противня при сушке селитры до влажности 0,2% снимается 20—25 кг селитры в сутки. Расход топлива равен 0,5 т условного топлива на 1 т сухой селитры.

При сушке горячим воздухом без циркуляции (обмен воздуха в камере происходит только в периоды ее открывания через 10—15 мин.) процесс сушки протекает более интенсивно за счет более легкого достижения высоких температур.

В то же время температуры в 120—130° обусловливают образование твердых корок на аммиачной селитре, разбивание которых требует дополнительной рабочей силы.

Производительность сушки при этой системе до влажности 0,2% — от 200—400 кг с 1 м² противня в сутки. Расход условного топлива — 250 кг на 1 т селитры.

Общим недостатком камерных сушилок и сушильных шкафов является необходимость ручного перемешивания аммиачной селитры в процессе сушки. Устройство механических мешалок весьма затруднительно с технической точки зрения.

При ручном перемешивании в периоды открывания дверей шкафов температура в камерах резко понижается, что уменьшает скорость сушки.

С у ш и л ь н ы е с к о в о р о д ы. Из сушилок средней производительности необходимо указать на сушильные сковороды, представляющие собой тарель с паровой рубашкой. Неподвижная тарель снабжена подвижной мешалкой, которая не только производит постоянное перемешивание продукта, но и в значительной степени измельчает его.

Постоянное перемешивание аммиачной селитры способствует высокой производительности сушки. По опыту одного из заводов за 1 час при обогреве паром с избыточным давлением в 1,5—2,0 атм на 1 м² площади тарели высушивается 100 кг селитры от влажности 2% до влажности 0,15—0,07%.

Б а р а б а н н ы е с у ш и л к и. Для большого производства (более 300 т динамона в месяц) целесообразно применять сушилки непрерывного действия — барабанные или шнековые.

Барабанная сушилка представляет собой вращающийся барабан, установленный наклонно (уклон 2—3°). Продукт для сушки поступает через питатель с одного конца барабана и непрерывно медленно передвигается к противоположному концу его. Лопатки или ячейки, расположенные на внутренней поверхности барабана, при вращении барабана поднимают селитру на некоторую высоту, откуда она, рассыпаясь, падает вниз. Вся внутренность барабана заполняется таким образом каскадом кристалликов или кусочков аммиачной селитры, омываемых теплоносителем.

В качестве теплоносителя могут применяться подогретый в калорифере воздух или дымовые газы. Использование дымовых газов нежелательно, так как ведет, с одной стороны, к засорению аммиачной селитры продуктами неполного сгорания топлива, а с другой стороны — ставит процесс сушки в полную зависимость от влажности и состава топлива.

Движение теплоносителя по отношению к движению аммиачной селитры может быть прямоточным или противоточным.

При прямоточной системе теплоноситель с высоким теплосодержанием встречается с влажным продуктом. Такая система подачи теплоносителя делает затруднительным получение нужной степени влажности аммиачной селитры.

При противоточной системе гораздо легче достигнуть нужной конечной влажности аммиачной селитры, тем более что при малом влагосодержании аммиачная селитра менее чувствительна к высоким температурам.

На действующих предприятиях сушильные барабаны работают с противоточной системой подачи теплоносителя.

Температура входящего теплоносителя составляет 120—130°, выходящего — 40—50°.

Скорость подачи аммиачной селитры в барабан зависит от влажности ее, размеров барабана, числа оборотов, угла наклона и конструкции внутренних насадок барабана. Чем больше начальная влажность селитры, тем, при постоянном режиме сушки, должна быть меньше скорость подачи для того, чтобы время пребывания селитры в барабане было бо́льшим.

Чем больше размеры барабана, больше число оборотов (обычно от 2 до 8 об/мин) и угол наклона, тем скорость подачи может быть большей. Объем барабана может заполняться сушимым продуктом до 25%. Нужно заметить, что увеличение числа оборотов и угла наклона барабана ведет к увеличению расхода воздуха, так как время прохождения материала в барабане уменьшается и для испарения постоянного количества влаги потребуется большее количество тепла, а следовательно и больший расход подогретого воздуха.

Конструкция внутренних насадок также в значительной мере влияет на скорость подачи селитры и на качество сушки. Чем интенсивнее происходит распыление аммиачной селитры внутри барабана, тем бо́льшая поверхность омывается теплоносителем и тем скорее и лучше происходит сушка. При этом необходимо, чтобы живое сечение ячеек было таким, чтобы аммиачная селитра их не забивала.

Наблюдениями установлено, что ячейковые внутренние насадки более эффективны, чем просто полки для распыления селитры.

Для иллюстрации в табл. 29 приводятся данные работы сушильных барабанов на двух действующих заводах.

Сушильные барабаны снабжаются специальной системой для отвода отработанного воздуха. При высушивании селитры до влажности 0,1% и ниже отсасываемый воздух увлекает за собой зна-

чительное количество селитры, доходящее в некоторых случаях до 25—30%, поэтому совершенно необходимо, чтобы отводящая воздух система имела пылеотделительные камеры, легко доступные для частой очистки.

Таблица 29

Сравнительные данные по сушке селитры в барабанах

№ барабана	Площадь поперечного сечения в $м^2$	Длина барабана в м	Угол наклона в градусах	Число оборотов в минуту	Колич. воздуха $м^3/ч$ $м^2$ сечения	Конечная влажность продукта в %	Производительность в $т/м^2$ в сутки	Расход условного топлива на 1 т селитры	Констр. внутр. насадок
1	2,64	14	3	2	3 000	0,22—0,5	7,6	125—150	Полочн.
2	1,05	9	2	7,15	5 400	0,3—0,4	17	35—50	Ячейков.

Из систем пылеосадителей предпочтительнее применять центробежные (циклоны), показавшие на практике вполне надежную работу.

Шнековые сушилки нашли меньшее распространение при изготовлении динамонов.

Действующие типы шнековых сушилок работают с обогревом дымовыми газами и паровым обогревом. В первом типе дымовые газы двигаются прямотоком по рубашке шнека и противотоком — по трубе шнека.

Во втором типе пар подается под давлением 2 ат в рубашку шнека.

В том и другом типе сушилки были получены высокая производительность и малый расход топлива. Шнек диаметром 0,7 м с обогревом дымовыми газами при сушке до влажности 0,2% давал расход топлива 35—40 кг на 1 т аммиачной селитры и производительность сушки 4 т в сутки. Увеличение производительности шнека возможно только за счет его длины, а не увеличения диаметра. С увеличением диаметра увеличивается толщина слоя селитры, так как заполнение шнека — величина примерно постоянная. Увеличение же толщины слоя приводит к удлинению времени прохождения материала в шнеке, чем снижается производительность.

Существенным недостатком таких сушилок являются случаи расплавления слоя селитры, прилегающей к рубашке шнека, из-за значительных температур теплоносителя. Меньшие температуры теплоносителя, естественно, понизят производительность сушилок и повысят расход топлива.

б) Сушка горючих компонентов

Горючие компоненты по температурному режиму сушки можно разделить на две группы.

В первую группу входят торф, древесные опилки, древесный и каменный уголь, которые сушатся в неподвижных сушилках при постоянном перемешивании при температуре 100—120°.

Во вторую группу входят сосновая кора, шишки и иглы, которые сушатся в неподвижных сушилках при температуре не выше 60—70°, так как при больших температурах происходит интенсивное выделение скипидаристых и других летучих веществ. При применении сушильных аппаратов непрерывного действия, в которых сушимый материал подвергается постоянному перемешиванию, температуры сушки могут быть увеличены для горючих компонентов первой группы.

Опыта сушки горючих компонентов второй группы в сушильных аппаратах непрерывного действия не было, и поэтому можно лишь предположительно считать, что движение материала все же не позволит увеличить температуру сушки сверх указанной.

Для сушки горючих компонентов применимы все рассмотренные выше типы сушилок при несколько измененном режиме.

При выборе системы сушки необходимо обращать особое внимание на легкую воспламеняемость горючих. Если при сушке аммиачной селитры можно было говорить о неудобствах применения в качестве теплоносителя дымовых газов, то при горючих добавках применение дымовых газов совершенно недопустимо. Особенно это указание должно относиться к сушке торфа. Последний при определенной степени влажности и отсутствии непрерывного перемешивания имеет повышенную способность самовозгораться даже при температурах 60—70°.

Первая и вторая группы горючих добавок могут содержать весьма большое количество влаги (до 90%), и поэтому при низких температурах процесс сушки протекает медленно. Если учесть малый объемный вес горючих, то становится совершенно очевидным, что сушка горючих требует гораздо больших площадей нагрева, чем сушка аммиачной селитры, даже учитывая, что потребные количества этих компонентов для производства динамона значительно меньше.

Сушилки с пароводяной или песчаной баней. Сушилки с пароводяной баней при сушке торфа и древесных опилок дают весьма низкую производительность и часто являются узким местом в производстве. Поэтому на большинстве предприятий отказались от такой системы сушки и перешли на сушилки с песчаной баней. Эта система сушки при небольших производительностях проста и не требует значительных площадей.

В табл. 30 приведены данные наблюдений за работой сушилок с пароводяной и песчаной баней.

Наблюдения показывают, что сушка сосновой коры происходит несколько медленнее вследствие необходимости сушки при более низкой температуре.

Из табл. 30 видно, что при применении горючих компонентов второй группы для сушки необходимо иметь бо́льшие поверхности нагрева при той же производительности установки.

Таблица 30

Данные о сушке горючих компонентов

Система сушки	Материал	Площадь сушащей поверхности в м²	Влажность в %		Температура сушки в град.	Вес загрузки в кг	Время сушки в час.	Коэффициент испарения в кг/м²час	Съем готового продукта в кг/м²час
			начальная	конечная					
С пароводяной баней	Торф . . .	1,5	75	10	80	5	48	0,045	0,03
То же	» . . .	1,5	60	10	100	6,5	5	0,43	0,43
»	Древесные опилки .	1,5	63,9	3,3	75	6	8	0,35	0,2
С песчаной баней	То же . . .	1,5	24,0	1,12	98—110	8	2	0,61	2,0
То же	» . .	1,5	89,4	1,5	98—120	8	4	1,17	0,3
»	Сосновая кора . .	1,75	20	4	70	6	2	—	1,45

Барабанные сушилки. При большой мощности заводов по изготовлению динамонов для сушки горючих компонентов применяются сушилки непрерывного действия — барабанные.

Предпочтительнее применять сушильные барабаны со смешанным движением теплоносителя по отношению к движению сушимого горючего.

Нагретый в калорифере воздух до 400° прямотоком направляется по рубашке барабана или по жаровой трубе, откуда после охлаждения до 110—120° движется противотоком по внутренней части барабана, непосредственно омывая сушимый продукт. При такой системе движения теплоносителя сушимый продукт с наибольшей степенью влажности встречается с воздухом, имеющим наибольшую температуру. Непосредственное соприкосновение теплоносителя и сушимого продукта наступает в такой фазе, где первый имеет сравнительно низкие температуры, а второй — незначительную (6—10%) влажность. Температура выходящего из барабана воздуха 50—60°.

Число оборотов и угол наклона барабана должны выбираться с расчетом, чтобы время прохождения материала было порядка 30—50 мин. в зависимости от начальной влажности сушимого продукта.

Работающий по такому принципу сушильный барабан (диаметр — 2,0 м, длина 17 м, число оборотов в минуту — 2, угол наклона 2°) при сушке торфа с начальной влажностью 49% до конечной 1,6—2% давал производительность до 2 т/час.

На пути отвода отработанного воздуха устанавливаются пылеулавливающие устройства — пылеотделительные камеры или циклоны. Пылеулавливающие устройства, как и все коммуникации отходящих газов, должны быть легко доступными для очистки.

Пыль горючего компонента может при некоторых условиях, которые в достаточной мере еще не обследованы, самовозгораться, поэтому ее скопление недопустимо.

4. Измельчение компонентов

б) Измельчение аммиачной селитры

Измельчение аммиачной селитры может производиться в любом аппарате, дающем требуемую тонину помола и не забивающемся при пропуске аммиачной селитры.

Для измельчения аммиачной селитры нашли применение несколько типов оборудования, а именно: стержневые мельницы периодического действия, мельницы Кента с некоторыми конструктивными изменениями, дезинтеграторы и бегуны.

Первые аппараты применяются, главным образом, при сравнительно небольшом объеме производства, остальные — при значительном объеме производства. Другие типы измельчительной аппаратуры, существующие в технике, не нашли применения в этой области, потому что они менее распространены в промышленности, а изготовление их в незаводских условиях представляет значительную трудность.

Стержневые мельницы представляют собой металлические цилиндры, загруженные мелющими телами — стальными или железными стержнями.

При значительных размерах мельниц (диаметр более 1,5 м) применение тяжелых металлических стержней становится нецелесообразным вследствие напрессовки аммиачной селитры на стенки мельницы даже при влажности 0,2%, а при применении легких стержней не достигаются нужная степень тонины помола и необходимая производительность.

Производительность стержневой мельницы определяется в первую очередь ее диаметром. Невозможность для измельчения аммиачной селитры применять мельницы с диаметром выше 1,5 м ставит предел для их распространения. Такие мельницы наиболее распространены при производительности установки до 150 т динамона в месяц. В табл. 31 приведена приблизительная производительность мельниц различного диаметра.

Таблица 31

Производительность стержневых мельниц

Диаметр мельницы в мм	Загрузка в кг	Производительность в час чистой работы при помоле до 70 меш в кг
230	2,0	8
450	10,0	60
500	30,0	90

Измельчение материала в мельнице производится ударом падающих мелющих тел и истиранием между ними и внутренней поверхностью мельницы при вращении последней. Скорость вращения в значительной степени предопределяет полезную работу мелющих тел и в зависимости от нее могут быть три случая:

1. При незначительной скорости вращения стержни скатываются вниз по внутренней поверхности мельницы и не производят ударного воздействия на материал, а только истирают его.

2. При значительной скорости вращения мелющие тела центробежной силой поднимаются на некоторую высоту и затем падают вниз на противоположную сторону мельницы, производя при этом интенсивное дробление материала.

3. При весьма больших скоростях вращения мелющие тела за счет центробежной силы вращаются вместе со стенками мельницы, не производя практически полезной работы.

Число оборотов, называемое критическим, и определяющее переход от второго к третьему режиму работы мельницы определяется по формуле:

$$n = \frac{42,3}{D}$$

D — диаметр мельницы в м.

Оптимальное число оборотов на основании специальных исследований лежит в пределах 0,5—0,75 от критического. Верхний предел принимается при мелющих телах из материала удельного веса более 2,7 и диаметре мельницы, меньшем 1,5 м, нижний — при удельном весе материала мелющих тел, меньшем 2,7, и диаметре мельницы более 1,5 м. Мелющие тела загружаются в таких количествах, чтобы они занимали от 0,3 до 0,45 объема мельницы. Средний диаметр мелющих тел составляет $^1/_{20}$ от диаметра мельницы, причем весьма желательно, чтобы были мелющие тела с диаметром, бо́льшим и меньшим среднего.

Загрузка аммиачной селитры принимается такой (табл. 32), чтобы заполнялись все промежутки между мелющими телами. При

Таблица 32

Данные о загрузке мельниц аммиачной селитрой

Загрузка стержнями		Загрузка аммиачной селитрой		Время измельчения до остатка 8 - 10% на сите 80 *меш* в мин.	Объем пустот между стержнями, отнесенных к объему барабана
весовая в *кг*	объемная, отнесенная к объему барабана	весовая в *кг*	объемная, отнесенная к объему барабана		
200	0,36	25	0,28	40	0,11
200	0,35	16	0,18	20	0,11
200	0,35	16	0,11	10	0,11

необходимости повысить загрузку можно увеличить этот объем в 2 раза.

Разгрузка мельниц осуществляется во время вращения, поэтому мельницы заключаются в кожухи во избежание разброса продукта.

Измельчение аммиачной селитры в стержневых мельницах диаметром 450 мм продолжается от 10 до 30 мин. в зависимости от сорта и влажности селитры.

Наблюдениями установлено, что легче всего дробится мелкокристаллическая селитра Березниковского завода и труднее всего — крупнокристаллическая селитра. Гранулированная селитра Кемеровского завода дробится труднее после сушки, когда гранулы покрывается твердой корочкой. Гранулированная селитра обычно имеет влажность 0,5—6%, поэтому целесообразнее ее измельчение производить до сушки.

Соответствующие данные наблюдений приведены в табл. 33.

Таблица 33

Данные об измельчении различных сортов селитры

Характеристика аммиачной селитры	Остаток на сите № 30 в % в течение минут		
	10	15	20
Гранулированная, подсушенная, влажность 0,41%	49,0	36,4	27,4
Гранулированная, неподсушенная, влажность 0,59%	14,0	9,6	7,4
Малокристаллическая, влажность 0,2%	9,6	4,6	3,0

Шаровые мельницы мало применяются для измельчения аммиачной селитры. При проектировании установок для динамонов малой мощности (до 150 т в месяц) нашли себе применение стержневые мельницы, в которых контакт между измельчаемым материалом и мелющим телом по линии (при стержнях) дает лучший и более равномерный помол. Это обстоятельство конечно не исключает возможности применения шаровых мельниц.

Мельница Кента относится к типу трехвальцовых кольцевых мельниц. Рабочий аппарат состоит из свободно вращающегося вертикального размалывающего кольца и трех вращающихся стальных вальцов, прижимаемых к внутренней поверхности этого кольца давлением пружин.

Аммиачная селитра или другой материал подается внутрь кольца и попадает наверх первого нижнего вальца. Измельчение материала происходит между вальцом и кольцом, материал поступает после первого вальца постепенно под второй и третий.

Между кольцом и корпусом мельницы спрессовывается довольно толстый слой материала, что приводит при измельчении аммиачной селитры с влажностью от 0,6 до 0,2% к остановке

мельницы. Селитра спрессовывается настолько сильно, что для очистки необходимо затрачивать иногда несколько часов, так как это связано с разборкой рабочей части мельницы. Для производительной работы мельницы Кента по измельчению аммиачной селитры необходимо в конструкцию ее вносить некоторые изменения:

а) На наружной поверхности кольца наваривать 6 стальных скребков высотой 25 мм, которые систематически снимают нарост аммиачной селитры под кольцом.

б) В задней стенке корпуса мельницы вырезать окно для чистки рабочего аппарата мельницы.

При этих конструктивных изменениях мельница Кента при влажности аммиачной селитры не выше 0,1% работает непрерывно в течение 7 час. с последующей чисткой в течение 40 мин.

Расходы, связанные с внесением этих простейших конструктивных изменений и необходимостью высушивать селитру до влажности менее 0,1%, вполне оправдываются эксплоатационными показателями мельницы. Аммиачная селитра, выходящая из мельницы, требует обязательного рассева на ситах, так как наряду с измельченными частицами через мельницу проходит недоизмельченный продукт. Выход продукта, не требующего вторичного измельчения, составляет 70%. Производительность мельницы Кента по измельчению селитры до крупности помола 5% остатка на сите № 30 составляет 750 кг в час.

Дезинтеграторы. Измельчающим органом в дезинтеграторе и дисмембраторе служат круглые штифты, насаженные концентрическими рядами на диски. Каждый ряд штифтов одного диска входит между двумя рядами штифтов второго диска. В дезинтеграторе вращаются оба диска, в дисмембраторе один диск неподвижен, второй вращается.

Материал попадает на штифты и измельчается ими до величины частицы, меньшей расстояния между штифтами. Для производительности работы дезинтегратора и дисмембратора необходимо, чтобы диски вращались со значительными скоростями от 220 до 1 200 об/мин.

Значительные скорости дисков делают эти аппараты весьма чувствительными к слишком твердым предметам, попадающим в рабочую часть аппарата вместе с измельченным продуктом. Поэтому загрузочная воронка должна снабжаться ситом и сильным электромагнитом для улавливания железных кусков, которые в основном и являются причиной поломок рабочей части механизма.

При измельчении производится обязательный рассев, так как наряду с фракциями, отвечающими заданному измельчению, в разгрузочный люк попадают и фракции значительно более крупные.

Последние возвращаются на вторичное измельчение. Выход недоизмельченной массы достигает 30—40%. Полезная производительность дезинтеграторов и дисмембраторов составляет 60—70% от пропускной способности.

Бегуны. Для измельчения аммиачной селитры применяются бегуны с неподвижной тарелью и вращающимися катками. Вес катка может быть от 300 до 3 000—5 000 кг.

Производительность бегунов с весом катка 3—5 т при измельчении до тонины помола с проходимостью через сито № 40 равна 300—400 кг в смену.

Недостатками бегунов являются громоздкость установки; большой расход электроэнергии и большие усилия, возникающие в деталях механизма, вследствие чего велик их износ.

б) Измельчение горючих компонентов

По трудности измельчения все применяемые для производства динамонов горючие органические добавки могут быть разбиты на две группы:

1. Легкоизмельчаемые — торф, каменный и древесный уголь, сосновая кора, сосновые шишки (разрезанные на кусочки до сушки), пек и антрацен.

2. Трудноизмельчаемые — древесные опилки, сосновые иглы и солома.

В отдельную группу выделяются металлические добавки — силикоалюминий, ферросилиций и др., измельчение которых требует несколько иного подхода, чем измельчение органических добавок.

При органических добавках измельчение обычно ведется до требуемой тонины помола в один цикл, так как классификация связана с известными трудностями. Воздушная классификация сопряжена со значительным уносом органического горючего, а рассев на ситах сопровождается большим пылеобразованием, мокрая классификация совсем неприменима. Поэтому при органических горючих находят применение шаровые и стержневые мельницы периодического действия. При измельчении металлических добавок не только возможно, но и совершенно необходимо применять воздушную классификацию, так как этим самым соблюдается один из основных принципов дробления — «не дробить ничего лишнего».

Мокрая же классификация неприменима и в этом случае, так как силикоалюминий во влажном состоянии способен самовозгораться. Для измельчения металлических добавок применяются шаровые мельницы непрерывного действия с воздушной сепарацией.

Из других аппаратов для измельчения органических добавок имеют распространение мельницы Кента.

Шаровые мельницы. Основные принципы работы шаровых мельниц не отличаются от стержневых и изложены выше.

При измельчении горючего не только возможно, но и необходимо для производительной работы мельниц увеличение их диаметра. При измельчении горючих добавок не происходит напрессовки их на стенки мельницы, поэтому не ограничивается и удельный вес материала применяемых мелющих тел. Чем больше будет диаметр мельницы и больше вес шаров, тем производительнее протекает процесс измельчения.

Мелющие тела изготовляются из стали, чугуна и бронзы. Применение бронзовых шаров не вызывается соображениями безопасности, а лишь более производительной работой вследствие более высокого удельного веса. При измельчении металлических добавок применение бронзовых шаров становится нецелесообразным, так как износ их будет значительным. Для первой группы по трудности измельчения органических добавок при производстве до 150 т динамона в месяц вполне экономичным является применение шаровой мельницы диаметром до 800 мм, которая при нормальных объемных загрузках обеспечивает производительность 150—200 кг в смену.

Для второй группы по трудности измельчения при том же объеме производства динамона необходимо применять мельницы с бо́льшим диаметром — от 1,0 м и выше.

Производительность мельницы диаметром 1,3 м при нормальной загрузке чугунными шарами (1/3 объема мельницы и заполнения пустот между шарами дробильным материалом) по измельчению древесных опилок составляет 250 кг в сутки. Достаточного опыта по измельчению соломы и сосновых игл нет, поэтому для них нельзя дать каких-либо цифр по практической производительности.

Металлические добавки, как уже отмечалось выше, дробятся в шаровых мельницах непрерывного действия.

Более совершенными являются конические шаровые мельницы, т. е. такие, в которых часть цилиндрической поверхности заменена конической.

Измельченный материал поступает в цилиндрическую часть мельницы и по мере измельчения продвигается к разгрузочному концу через коническую часть мельницы.

Окружная скорость на барабане конической мельницы постепенно убывает в направлении от цилиндрической части к конической. В этом же направлении уменьшается угол подъема шаров внутри мельницы, а следовательно и кинетическая энергия этих шаров. Параллельно уменьшается и размер зерен дробимого материала.

Следовательно создается пропорциональность между кинетической энергией шара и величиной зерен и тем самым экономия в расходе энергии.

Разгрузка осуществляется при помощи сепарации, причем недоизмельченный продукт поступает на вторичное измельчение. Мельница Кента без каких-либо конструктивных изменений применяется для измельчения первой группы горючих (легко измельчаемые горючие).

Можно предполагать, что и для второй группы органических горючих мельница Кента окажется пригодным аппаратом.

При измельчении в мельнице Кента нужно следить за систематической и обильной смазкой подшипников рабочей части мельницы, так как попадающая в них пыль изменяет коэфициент трения и уменьшает скорость вращения роликов, что вызывает их скольжение по кольцу, сопровождаемое повышением температуры до пределов, достаточных для воспламенения горючей пыли. Производительность мельницы Кента по измельчению торфа составляет 200 кг/час.

5. Смешивание компонентов

Для смешивания компонентов применяются шаровые мельницы периодического и непрерывного действия (так называемые смесительные барабаны).

Задача смесительной аппаратуры — обеспечить тесное смешивание и в ряде случае дополнительное тонкое измельчение компонентов.

Первым условием достижения тесного смешивания компонентов, а особенно их измельчения, является правильное сочетание диаметра шаровой мельницы и удельного веса материала мелющих тел. Применение мелющих тел из материала удельного веса меньше 0,7 (береза) нецелесообразно, так как для достижения нормального смешивания нужно увеличивать в 1,5—2 раза время смешивания. При удельном весе материала от 0,8 до 2,7 (алюминий) необходимо применять смесительные барабаны значительного диаметра — 1,5 м и выше. С увеличением удельного веса мелющих тел возможно уменьшение диаметра смесителей при сохранении нормального эффекта смешивания. При работе железными или бронзовыми мелющими телами в барабанах с диаметром более 1,5 м происходит напрессовка смеси на стенки барабана, и процесс смешивания протекает ненормально.

Вторым условием успешного смешивания является установление правильной загрузки барабана мелющими телами и смесью компонентов.

Объем мелющих тел, загруженных в барабан, составляет для нормальной работы до 40% от объема смесителя. Объем же смеси компонентов составляет 150% объема пустот между мелющими телами. Таким образом величины загрузок мелющих тел и смеси определяются лишь объемными соотношениями, а отнюдь не весовыми. Бывают случаи, когда при изменении удельного веса мелющих тел соотношения между шарами и смесью по весу остаются постоянными, а качество смешивания резко изменяется. Это происходит вследствие несоблюдения оптимальных объемных соотношений.

Третьим условием является правильный выбор числа оборотов мельницы.

Соображения, определяющие число оборотов и рассмотренные в разделе измельчения компонентов, остаются аналогичными для смесительной аппаратуры.

Барабаны смешивания лучше делать металлические (из котельного железа) и футеровать их деревом (при деревянных шарах) или стальными плитами (при металлических шарах).

Предпочтительное применение металлических барабанов вызывается соображениями безопасности работ. Статистика пожаров

в производстве динамонов показывает, что в подавляющем большинстве случаев пожар происходит в смесительном отделении. В случае пожара в помещении металлические барабаны в значительной степени предохраняют находящийся в них продукт от загорания, а при загорании внутри барабана локализуется очаг пожара.

Кроме того применение металлических барабанов с металлическими шарами позволяет уменьшать габариты их при сохранении или даже улучшении эффекта смешивания.

Мелющие тела применяются шаровой, цилиндрической и кубической формы. Лучший эффект получается при применении шаровой формы.

Диаметр шара или цилиндра и размер ребра куба или длина цилиндра находятся в зависимости от диаметра барабана. Средневзвешенные размеры мелющих тел составляют $^{1}/_{20}$ диаметра барабана.

Время смешивания в смесительных барабанах периодического действия и скорость подачи в смесителях непрерывного действия определяются в зависимости от требований, предъявляемых к готовому продукту. Чем более широкие требования предъявляются к качеству, тем при прочих оптимальных условиях должно быть больше время смешивания для первого типа аппаратов и меньше скорость подачи компонентов для второго типа аппаратов.

Разгрузка продукта из смесительных барабанов периодического действия производится во время вращения последних.

Смесители непрерывного действия оборудуются разгрузочными бункерами, в которые продукт поступает из отверстий, расположенных по периферии образующей барабан поверхности. Центральную разгрузку не следует применять, так как это создает дополнительную нагрузку на коренные подшипники вследствие подпорного действия продукта.

Смесительные аппараты периодического действия с целью предохранения помещения от пыли заключаются в герметические кожухи, снабженные в нижней части разгрузочным люком. Чем тщательнее выполняется кожух барабана, тем меньше возможность запыления рабочего помещения и тем самым меньше возможность возникновения и быстрого распространения пожара.

Для барабанов непрерывного действия необходимость в кожухе, естественно, отпадает, но взамен ее возникает необходимость в устройстве аспирационной системы, которая предохраняет от пылеобразования и увлажнения динамона.

Наблюдения показывают, что даже при наличии аспирации, но недостаточном количестве воздуха происходит сильное увлажнение динамона и налипание его на стенки барабана. Достаточной скоростью воздуха, протягиваемого через барабан, нужно считать не меньше 10 м/сек.

Аспирационная система осуществляется таким образом, чтобы ее протяженность была наименьшей и чтобы она во всех своих

точках была доступной для осмотра и очистки. Лучше организовывать пылеулавливание центробежной системы.

Производительность смесительной аппаратуры зависит от ее размеров, при правильном выборе материала мелющих тел, и требований к качеству выпускаемой продукции. Сравнивая по производительности и удобству эксплоатации аппараты периодического и непрерывного действия, нужно отдать предпочтение последним. Барабаны непрерывного действия гораздо производительнее барабанов периодического действия, требуют меньше труда для обслуживания и меньше площади помещения. Производительность установки на 300—400 т динамона в месяц может быть обеспечена одним непрерывным смесителем диаметром 1,5 м и длиной 7 м, тогда как для такой же производительности потребуется 8—10 барабанов периодического действия.

6. Патронирование и покрытие патронов водоизолирующим составом

При использовании динамона на подземных работах производится его патронирование в бумажные гильзы. Бумага для заготовки гильз режется или вручную или на дисковой пиле. Число оборотов пилы — 750 об/мин. Резка бумаги с помощью дисковой пилы применяется при значительном расходе бумаги и является весьма производительной операцией.

Размер нарезанной бумаги зависит от принятого веса патрона и принятой системы гильзы с косым или прямым срезом. Косой срез делать предпочтительнее, так как применение его не требует проклейки гильзы. При прямом срезе проклейка шва обязательна.

Патронирование осуществляется или вручную или на специальных патронировочных машинках типа Ф. Килиан.

При ручном патронировании работница располагает деревянными пуансонами, которыми и производит уплотнение насыпаемого в гильзу динамона по длине патрона. Более удобным способом ручного патронирования является патронирование через рожок с воронкой. Работница насыпает некоторое количество динамона в воронку, надевает гильзу на рожок и с помощью пуансона производит подачу материала в гильзу.

Производительность ручного патронирования — 100—120 кг в смену на одного человека.

Предпочтительнее применение механического патронирования не только с точки зрения производительности, но и с точки зрения уменьшения пылеобразования и достижения равномерной и более высокой плотности. Рабочим органом патронировочной машинки является вертикально установленный в рожке шнек, подающий динамон в гильзу. Питание шнека производится из воронки, расположенной над ним. Весьма важным является правильный выбор шага шнека и зазора между ним и стенками рожка. При неправильных размерах не будет производиться подача материала в гильзу из-за запрессовки материала между шнеком и стенками рожка.

Производительность двухрожковой машинки при обслуживании одним человеком — до 1 200 кг в смену.

Покрытие патронов водоизолирующим составом производится в большинстве случаев вручную путём окунания патронов в расплавленный состав. Более рациональным является способ покрытия при помощи аппарата, в котором патроны укладываются на движущуюся через расплавленный состав ленту. При этом способе покрытия получаются более равномерными и тонкими. Производительность таких аппаратов зависит от конструктивных размеров их и применяемого водоизолирующего состава и может быть достаточно большой.

7. Внутризаводский транспорт

При производительности установки по изготовлению динамонов более 150 т в месяц грузопотоки настолько вырастают, что транспортировать их вручную становится затруднительным и малоэкономичным. Поэтому приходится прибегать к помощи транспортирующих аппаратов, к которым предъявляются следующие требования: значительная скорость перемещения, герметичность коммуникационных путей, доступность для очистки.

Первые два требования являются специфическими для перемещения высушенной селитры, так как в процессе транспортирования она увлажняется, и поэтому чем скорее она проходит этот процесс, тем менее значительно ее увлажнение. Чем герметичнее коммуникационные пути, тем меньше возможности проникновения в них влажного воздуха и меньше увлажняемость аммиачной селитры.

При невозможности соблюсти эти условия или необходимости иметь селитру с влажностью до 0,1% (например при дроблении на мельнице Кента) приходится вводить подогрев транспортных путей горячим воздухом с температурой 60—70°.

При транспортировании горючих компонентов требование скорости перемещения не вытекает из их свойств, а вызывается лишь необходимостью обеспечить в определенной точке процесса нужное их количество. Герметичность транспортных коммуникаций горючих компонентов обеспечивает производственные помещения от попадания в них пыли, и тем самым уменьшается пожароопасность производства. Наконец легкая доступность транспортных путей для очистки вызывается соображениями безопасности производства, так как скопление пыли горючих, как уже указывалось, может привести к пожару.

В зависимости от применяемого оборудования и общей схемы его размещения могут применяться транспортирующие аппараты, перемещающие материал: 1) по горизонтальным и слабо наклонным путям (до 22°) и 2) по вертикальным путям (вверх и вниз).

Для перемещения по горизонтальным или слабо наклонным путям обычно применяются узкоколейный транспорт или ленточные транспортеры.

При перемещении сухой селитры транспортные сосуды или тара, в которой происходит перемещение на ленточном транспортере, выбираются такие, чтобы они максимально предохраняли ее от увлажнения. Для перемещения по вертикали или по наклонным путям применяются элеваторы или шнеки. При перемещении по вертикальным и сильно наклонным путям вниз целесообразнее всего применять гравитационные транспортеры — простейшие лотки и трубы.

8. Размещение оборудования

Размещение оборудования производится с учетом двух требований: 1) отсутствия встречных грузопотоков, 2) минимальных транспортных расстояний между отдельными процессами.

Специфика производства динамонов (наличие процессов с большим пылеобразованием, оперирование со взрывчатыми веществами) заставляет располагать отдельные процессы — предварительное дробление, сушка, тонкое измельчение и смешивание — в отдельных помещениях.

Развещение аппаратуры рационально строить таким образом, чтобы территориально агрегаты подготовки аммиачной селитры и торфа располагались на параллельных ветвях потоков, сходящихся в помещении смешивания в один. Параллельные потоки лучше располагаются в первом этаже здания, хотя это и требует значительной площади здания в плане. Расположение операций по подготовке в разных этажах (например аммиачная селитра — в первом, горючий компонент — во втором) вряд ли целесообразно, так как приведет к необходимости подъема значительных количеств (по объему или весу) по вертикали и размещения на перекрытиях значительных по весу аппаратов (сушильные барабаны и др.).

Последовательное расположение потоков обработки компонентов приведет к слишком вытянутой форме здания и ненужному удлинению транспортных путей для одного из компонентов. Таким образом следует останавливаться на одноэтажном здании с параллельным размещением потоков подготовки компонентов. Смесительная аппаратура объединяет обе параллельные ветви потока.

Аппаратура для пыльных процессов размещается в помещениях, надежно отделенных от остального производства, с тем, чтобы при возникновении пожара он локализировался в одном помещении. Отсюда вытекает условие размещения всей аппаратуры в огнестойких зданиях. Конечно это не исключает возможности применения и деревянных зданий. Тогда рациональным становится изолирование пыльных операций в отдельных зданиях с тем, чтобы при пожаре одного из них остальные оставались целы. Необходимая площадь и конфигурация зданий для размещения аппаратов вытекает из площадей, занятых каждым аппаратом в отдельности, и потребного количества их с увеличением на 50% для проходов и площадок обслуживания.

В табл. 34 приведены площади, занимаемые отдельными аппаратами.

Таблица 3

Площади под оборудование

Название аппарата	Площадь в $м^2$	Производительность в *кг/сутки*: по аммиачной селитре	по торфу	по готовой продукции
1. Дробилка Клеро	5,0	1 500—2 000	15 000—25 000	—
2. Сушильный барабан с калорифером	55	18 000	—	—
3. Сушилки с пароводяной баней	7,5	70—100	15,0 [1]	—
4. Сушилки с песчаной баней	4,5	300	60,0	—
5. Сушильные сковороды	6,0	1 200	—	—
6. Стержневые мельницы: $D = 500$ *мм*, $L = 750$ *мм*	1,5	950	—	—
7. Мельницы Кента	7,0	15 750	4 200 [2]	—
8. Шаровая мельница $D = 800$ *мм*	1,5	—	450—600 [2]	—
9. Непрерывный смеситель: $D = 1\,500$ *мм*, $L = 7\,000$ *мм*	30	—	—	13 000
10. Период. действия смеситель $D = 1\,650$ *мм*	6	—	—	1 400

Данные, приведенные в табл. 34, относятся к конкретным случаям и не обнимают всех пределов возможных производительностей, но, несмотря на это, могут служить ориентировочным материалом для подсчета площадей. При приспособлении помещений размещение оборудования базируется на тех же принципах, что и для вновь строящихся.

В том и другом случаях нужно учитывать возможный или существующий шаг колонн в зданиях. Требованиями размещения оборудования и его габаритами не вызывается необходимость строить многопролетные здания. Вполне достаточными являются двухпролетные здания, причем средняя линия колонн может служить каркасом для перегородок между потоками обработки компонентов.

Заканчивая главу о процессе изготовления динамонов, следует особо подчеркнуть, что на каждой установке или каждом предприятии по изготовлению динамонов должны быть утвержденный технологический режим и инструкции по обслуживанию оборудования, которые должны выполняться персоналом и рабочими точно и неукоснительно.

Необходимая четкая работа и осторожность соответствуют роду производства и в конечном счете приводят к надежной работе предприятия.

---

[1] Сушка древесных опилок.
[2] Дробление торфа со средней разложенностью.